PEQUEÑA ENCICLOPEDIA PRÁCTICA DE CONSTRUCCIÓN

PUBLICADA BAJO LA DIRECCIÓN DE

L.-A. BARRÉ ✻, O. I.

Ingeniero de artes y manufacturas, profesor de la Asociación politécnica.

N.° 2.

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

SU EMPLEO Y RESISTENCIA

TRADUCCIÓN DEL FRANCÉS

POR

DON ANTONIO AGUIRRE

Ayudante de Obras públicas y Licenciado en Ciencias.

ILUSTRADO CON GRABADOS

....

TERCERA TIRADA

....

MADRID

LIBRERÍA EDITORIAL

DE BAILLY-BAILLIERE É HIJOS

Plaza de Santa Ana, núm. 10.

1899

INTRODUCCION

El estudio de los materiales de construcción y de su resistencia en las obras de fábrica exigiría varios volúmenes si se quisiera tratar á fondo esta cuestión.

No es este nuestro objeto, pues principalmente nos proponemos hacer de esto una descripción, en resumen, de lo más principal, á fin de que sirva de utilidad inmediata á todos los que se dedican á la construcción en general. Por lo tanto, se hallarán en el presente volumen las propiedades más notables de los diversos materiales, su empleo, sus formas, sus pesos, su resistencia; todo muy sumamente extractado, según nuestro propósito, pero expuesto claramente y con precisión. El volumen siguiente, que trata de las fábricas, es el complemento indispensable de éste.

Hemos consignado los precios medios de los materiales, casi todos con relación á Madrid (1). Para

(1) En vez de consignar en este volumen los precios medios de los materiales con relación á París, según expresa la edición francesa, damos esos precios medios con relación á Madrid, después de diferentes datos prácticos obtenidos en las obras y de haberlos consultado con varios constructores.

(N. del T.)

las diferentes provincias deberán tenerse en cuenta las condiciones especiales de cada región, la mayor ó menor facilidad de adquisición, la proximidad de las canteras, etc., etc., para obtener precios aproximados.

El director de la «Enciclopedia de Construcción»,

L.-A. BARRÉ,

Ingeniero E. C. P.

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROPIEDADES, EMPLEO Y RESISTENCIA

Clasificación de los materiales de construcción.— Según su composición química y según su aplicación, pueden incluirse estos materiales en uno de los tres grupos siguientes: *piedras* ó *sus derivados, maderas* y *metales*.

Las piedras naturales, además de su empleo en la construcción, se utilizan para fabricar materiales más ó menos artificiales, que también se emplean muy frecuentemente (ladrillos, cementos, etcétera).

El presente volumen trata principalmente de las piedras y sus derivados; en una palabra, de aquellos materiales en cuya composición entra la sílice en gran parte. Será preciso consultar los volúmenes siguientes de nuestra ENCICLOPEDIA para encontrar detalles de ciertos materiales (pizarras, losas, etc.). El tomo que trata de la construcción de las diferentes fábricas es el complemento natural de éste.

No dedicamos más que algunas páginas á los metales, y en cuanto á las maderas, tratamos de ellas en el volumen que se ocupa de obras de carpintería.

Las rocas comprenden dos grandes divisiones [1]:

1.º Las rocas areniscas, los cuarzos, las rocas estratificadas ó en bancos, los granitos, pórfidos y basaltos (rocas ígneas), que están caracterizadas por dar chispas con el eslabón y porque no

[1] Para el orden cronológico de la formación de las rocas, consúltese el cuadro geológico del *Memento del Arquitecto* de L.-A. y Paul Barré.

hacen efervescencia tratadas por los ácidos. Estos materiales resisten á un fuego violento.

2.º Las rocas calcáreas ó calizas (*rocas sedimentarias*), que, por el contrario, hacen efervescencia con los ácidos; tratándolas por el calor se las reduce á cal y no dan chispas con el eslabón.

Se dice que de una roca puede obtenerse *gran aparejo* cuando se presenta en cantera formando bancos de gran altura, $0^m,80$ y más, y es de *pequeño aparejo* cuando se presenta en la cantera formando bancos ó estratos más delgados, $0^m,30$ por ejemplo.

Granito, etc.—El granito, que tiene por densidad 2,60 á 2,90, es un compuesto aglomerado de tres minerales: 1.º, el *feldespato* (silicato doble de alúmina y potasa), que se presenta en cristales laminares, brillantes, de color rosa, blanco, gris azulado, algunas veces verde; 2.º, la *mica* (silicato de alúmina, de óxido de hierro y de otros óxidos), de textura hojosa, transparente, en hojuelas brillantes, de color blanco, gris, amarillo, pardo oscuro ó negro; 3.º, el *cuarzo* (sílice pura), diseminada en granos irregulares, generalmente incoloros.

Los óxidos de hierro y de manganeso dan á los granitos diversos matices.

Los **pórfidos** son granitos en los que falta el cuarzo y la mica.

El pórfido *verde* (mezcla de anfibolia, chorlo negro ó piedra de toque) de los Vosgos, en Francia, cerca de Remiremont, análogo al pórfido *verde antiguo*, procede de Servance (Alto Saona); se distinguen los pórfidos verdes de Berlonchamps, Belhafy, Ternnay y San Bartolomé, de que se hacen bases de columnas.

El pórfido *rojo antiguo*, compuesto de una pasta oscura rojiza violácea, en la que se hallan diseminados pequeños cristales de feldespato blanco, se encuentra en Egipto (brocatel, con manchas amarillas); en Francia hay de esto en Montreuillon, cerca de Château Chinon.

Las serpentinas (hidrosilicatos de magnesia), generalmente verdes, algunas veces de color marrón oscuro ó rojo vivo, tienen la dureza del mármol; se cortan, labran, pulimentan y tornean, empleándolas en mosaicos con mármoles en ebanistería y como piedras de ornamentación. Yacimientos de esta clase de piedra hay en los Altos Alpes, los Vosgos, el Lot, el Var (en las Guerrades, cerca de Draguinan), el Aveyron, en Córcega (en Bevinco, cerca de Bastia), en la cumbre de Lizard (Inglaterra), en Suza, ciudad del Piamonte, Génova y Prato (Italia), etc.

Se encuentra también el pórfido en Chateaubriand (Loire inferior), en las montañas del Esterel y del Puget (Var).

Siendo la dureza del pórfido mayor que la del granito, no permite labrarle; no se emplea frecuentemente más que como piedra de adorno, y en algunas comarcas se hacen de él mampuestos.

Cuando las láminas de mica diseminadas en el granito están dispuestas paralelamente á un mismo plano, y dan á la roca un aspecto esquistoso ó encintado, toma ésta el nombre de *gneis* y es de inferior calidad.

Los *sienitis* rojos recuerdan el granito; son una mezcla de cristales de feldespato, de anfibolia (silicato de magnesia, de cal y de óxido de hierro) y de cuarzo. Se encuentra en Siene (Egipto) y en Servance (Alto Saona).

El *micasquisto* no contiene más que mica y cuarzo; su estructura es hojosa.

Los *traquites* son productos volcánicos, cuya composición es feldespato y contienen muchos cristales de éste, presentando caras muy limpias. En Aubernia se les emplea como piedra de construcción *(obsidiana,* etc.). En la provincia de Constantina (Argelia) se emplea un pórfido traquítico como piedra para edificar.

Los *diorites* son una mezcla de feldespato y anfibolia, unas veces separados y otras íntimamente confundidos en una masa homogénea. En el primer caso, los *diorites* tienen el aspecto de los granitos.

Los **basaltos** (rocas anfibólicas) son procedentes de erupciones volcánicas, compuestos de *piroxeno* (silicato de magnesia y de hierro) y de feldespato con base de alúmina, de cal y de sosa. Los cristales son muy tenues, lo que da á la roca una apariencia de compacidad y la permite tomar buen pulimento. Los basaltos son demasiado duros para labrarse; en algunas localidades se hacen de ellos mampuestos y empedrados. Se encuentran en Aubernia y en Ardeche.

Se reconocen los granitos por sus granos muy duros y perfectamente adherentes; en su fractura presentan ángulos muy agudos, y su peso mínimo es de 2.700 kilogramos por metro cúbico. La buena resistencia de los granitos á los agentes atmosféricos hace muy ventajoso su empleo; tanto es así que en algunas localidades, á pesar de su elevado precio, se hacen de él sillares para edificar (Bretaña, Normandía, los Vosgos). Esta piedra proporciona excelentes sillares, que se emplean en la construcción de puentes; algunas veces presenta veteaduras ó soluciones de continuidad, con vetas de peróxido de hierro en los paramentos, que los manchan de orín.

Además se emplean los granitos para guarniciones ó cintería de andenes, bocas de sumideros, peldaños de escaleras muy frecuentemente, piedras de molino, mojones para división de fincas ó de caminos, pilas ó pilones de fuentes, antepechos, construcciones en el mar, muelles, diques, etc. Son preferibles los granitos grises muy micáceos y de grano fino, procedentes en Francia de los bancos más duros de San Brieuc y de los alrededores de Vire (Calvados), tales como los de San Pois, Couloubray, Villedieu, Santa Clara, y también de Santa-Honorina-la-Guillaume (Orne). Se encuentran muy buenos granitos en las canteras del Gast, cerca de San Severo (Calvados), y de Flamanville, cerca de Cherburgo, así como también en la Borgoña, los Vosgos, el Limousin, los Alpes, los Pirineos, etc.

En España se encuentran también excelentes granitos para

construcción en diferentes comarcas, siendo notables por su grano fino, dureza y buen aspecto los procedentes del puerto de Guadarrama, y en las provincias de Madrid, Avila y Segovia.

La explotación de los granitos se hace generalmente por medio de cuñas, y se labran con pico de cantero, puntero y martillo y á trinchante [1].

El granito belga ó *pórfido de Lessines y de Quenart* se aplica al pavimento ó á los empedrados.

Las **lavas** son de grano más fino que los granitos, pero menos compacto ó unido; su color es negro oscuro.

Recubiertas de un esmalte aplicado en caliente ó de un buen barniz, se emplean para revestimiento de zócalos ó rodapiés húmedos y los urinarios. En el Herault, Volvic, la Aubernia y Andernach se encuentran lavas que se emplean como piedras de sillería.

Areniscas.—Son rocas compuestas de pequeños granos de arena cuarzosa y silícea de diferentes formas, ligados por un cemento natural cuarzoso, silíceo ó calcáreo. Los granos de cuarzo algunas veces están simplemente pegados unos á otros. A menudo está mezclada la arcilla con la arenisca, y entonces resulta una piedra más fácil de labrar, pero más desmoronable.

Las *areniscas silíceas* son muy duras y contienen el grano fino fuertemente unido por un cemento natural. Estas se las puede labrar y moldurar, resisten mejor que las areniscas calizas la acción de la atmósfera y pueden considerarse como de duración indefinida.

Las *areniscas arcillosas*, que se encuentran en capas, son de uso frecuente en el Sudeste de Francia, donde se las designa con el nombre de *piedra mollar*. Su color es gris. Se las labra fácilmente recién extraídas de la cantera, pero al aire adquieren una

[1] Para el precio de los granitos, véase nuestro tomo VIII.

dureza como la de una piedra calcárea. En Génova y en Florencia se utiliza como piedra para edificar.

Las mejores areniscas tienen el grano más fino y su textura muy compacta. El color *gris claro* es también indicio de buena calidad.

Las *areniscas rojas* son las más blandas y menos resistentes; proceden de los Vosgos y de la Selva Negra.

Las masas de arenisca son más ó menos duras, según la profundidad á que se encuentran en la cantera. Cuanto más dura es la arenisca tanto más fácil es dividirla en trozos de formas determinadas.

Las canteras de la Rhune, cerca de Ascain (Bajos Pirineos), producen areniscas que se emplean en construcciones y en pavimentos.

La *arenisca abigarrada* de varios colores se encuentra cerca de Phalsbourg; es susceptible de moldurar y se hacen estatuas de ella.

La arenisca abigarrada de los Voivres (Vosgos) se explota en hojas delgadas á propósito para cubriciones; las diferentes variedades se reducen al espesor de una fuerte pizarra. Esas hojas son quebradizas y resultan con ellas cubiertas demasiado pesadas. La arenisca abigarrada es roja ó gris verdosa, su grano es fino; se utiliza en la Corrèze.

Siendo las areniscas buenos conductores de la humedad, es preferible no emplearlas más que para jambas de puertas, peldaños de escalera, encintados de andén, dinteles de huecos, muros de sostenimiento ó de cerramiento, en los que no haya temor de humedad. Monumentos enteros han sido construídos de piedra arenisca.

Las areniscas muy duras, demasiado difíciles de labrar para emplearlas como piedra para edificar, se usan para pavimentos. Estas areniscas son generalmente blancas y su grano es igual y fino.

Las canteras de arenisca en los alrededores de Tolón suministran losas para pavimentos. Hay canteras de arenisca en los alrededores de París, en Montbuisson, Palaiseau, Pontoise, Belloy, Sceaux, Bel-Air, Lozaire, Orsay, Lacave, Train, Marcoussis, Epernon, Bretigny y sobre todo en Fontainebleau.

La arenisca de Fontainebleau se divide en *roca dura* y en *roca blanda*. La dura es muy á propósito para pavimentos de las grandes vías; se venden en cubos de $0^m,22$ de arista (para adoquines de pavimentos de ciudad). La blanda se emplea en pavimentos de patios y de otros sitios interiores de edificios, á causa de la facilidad con que se la corta para losas ó piezas de pequeños espesores, que se obtienen dividiendo los cubos de $0^m,22$ en dos ó tres partes.

Se cortan estas losas por medio de un *cortador* de dos bocas ó cortes reunidos, que pesa 25 kilogramos y sirve para dividir los bloques con un solo golpe, y de un *marco* que pesa 5 kilogramos, de la misma forma que el cortador y sirve para cortar las rebarbas de las losas. Estas losas de arenisca se obtienen también de Feuquerolles y May-sobre-Orna (Calvados), Giromagny (cerca de Belfort), Santa Sabina (Lado de Oro), Bourbon-l'Archambault (Allier), Autally (cerca de Autún) y Bosque Mahón (Drôme) [1].

Las *cuarcitas* son piedras areniscas que se encuentran cerca de los terrenos de cristalización en Bretaña, en Normandía y en los Pirineos.

La *arenisca hullera* ó *psamita* (grisácea) se emplea en Saint-Etienne.

Las areniscas de *conglomerados de grava*, formadas de fragmentos de roca con cemento arcilloso, de color grisáceo, algunas veces rojo, se explotan en Inglaterra, en Bretaña, en Normandía y en algunos puntos de España.

[1] Véase nuestro tomo VIII sobre *Embaldosados y pavimentos*, materiales cerámicos y precios de las areniscas.

La arenisca gris muy dura no es económica para el empleo por su labra excesivamente costosa; la compacta medianamente dura es más conveniente, y la blanda se reduce á arenilla menuda al golpe del cortador.

Sílex.—El sílex, pedernal (piedra á fuego), está formado por riñones de cuarzo que se encuentra en los bancos de creta. Se emplea en bloques gruesos para macizos de mampostería; se les desbasta una cara para los paramentos de los muros ó de empedrados.

Guijarros.—Los *morrillos* ó *guijarros* son fragmentos de piedra redondeados, cuyo color varía desde el moreno oscuro al blanco lechoso, y dan chispas con el eslabón. Se encuentran en los lechos de los ríos y terrenos de aluvión, en la superficie del suelo unas veces y otras á grandes profundidades. Cuando se extrae arena de las canteras y se la pasa por la *criba*, ruedan los guijarros por delante de esta especie de tamiz inclinado.

Los guijarros de menos de 5 á 6 centímetros se emplean en el afirmado de las canteras y en la fabricación del hormigón.

En algunas poblaciones se emplean los guijarros ó cantos rodados de 1 á 5 centímetros (*morrillos*), eligiendo los que tienen una forma ovoidea más ó menos aplanada para pavimento de las calles ó empedrados.

Los guijarros convenientes para mamposterías provienen de los cursos de agua y de canteras de donde se saca arena desprovista de materias grasas ó terrosas, cuya superficie es rugosa y su forma irregular. Los que están recubiertos de una ligera envolvente de creta hacen mejor cuerpo con el mortero. Los cantos rodados que provienen de terrenos arcillosos deben lavarse bien para fabricar con ellas el hormigón.

Los cantos rodados valen 5,50 á 6 francos el metro cúbico fuera de París, y á 6,75 francos en París; la grava lavada vale 14 francos el metro cúbico.

En las localidades en que falta la piedra angulosa de cantera para mamposterías se emplean los cantos rodados con el ladrillo en las construcciones (Normandía y Mediodía de Francia).

La densidad de los cantos rodados ó morrillos es próximamente de 1,658.

Pudingas.—Las pudingas son una reunión de pequeños cantos rodados unidos por un cemento silíceo. Esta clase de roca presenta una gran dureza. Se la encuentra á la altura del suelo, en pequeños bloques, formando pequeños bancos aislados, y de forma de paralelepípedo un poco aplastado, por lo que resultan á propósito para obras de fábrica de mampostería, especialmente por las asperezas de la superficie, que proporcionan buena adherencia con el mortero.

Piedra de molino.—La piedra de molino está formada por residuos de cuarzo, de cal carbonatada, de alúmina y de óxido de hierro; su masa está llena de agujeros.

Una clase de piedra de molino es de color gris blanquecino; su masa, sin huecos, tiene la dureza del sílex; se encuentra en bancos ó en grandes bloques; se emplea para muelas de molino. Algunas veces esta piedra se encuentra en pequeños trozos aislados, de que se hacen mampuestos; pero su falta de adherencia con el mortero, debida á su fractura lisa y unida, la hace poco á propósito para este uso. Esta clase de piedra, triturada en trozos de 5 á 6 centímetros, se emplea para empedrado de las calzadas.

También esta clase de piedra se encuentra en bancos ó en grandes bloques; se la encuentra otras veces en pequeños trozos, en masa de poco espesor y extensión y á poca profundidad, y hasta en la superficie del terreno. Su color es de un rojo amarillento; la gran cantidad de agujeros que hay en su masa y las grandes irregularidades que tiene en sus lechos hacen que se puedan formar con ella buenos mampuestos que tengan buen enlace entre

sí, y á los que se adhiere perfectamente el mortero que penetra en sus cavidades, resistiendo además muy bien á todas las influencias atmosféricas.

Esta última clase de piedra comprende dos variedades: una ligera, porosa y blanda, susceptible de labrarse á pico los mampuestos, con aristas irregulares; se emplea en paramentos y obras de ornamentación; otra, en bloques del mismo color, es más pesada, más compacta y más dura; no se la puede labrar más que con la zuta ó martillo del empedrador, y sin obtener aristas regulares. Esta variedad se emplea en las construcciones hidráulicas, para los muros de zanjas de desagüe de los retretes y para los sumideros. Los paramentos de algunos edificios son de esta clase de piedra de molino, que imita la rusticidad de la piedra de una gruta.

Esta clase de piedra, en su estado natural ó sea sin labrar ni preparación alguna, unida con mortero de cemento, forma una construcción que resulta casi inmediatamente incompresible bajo la acción de grandes cargas; se la emplea con ventaja, en vez de las fábricas de mampostería de guijarros y sillares, para los macizos de grandes fundaciones; también se fabrican con ella los muros medianeros de los edificios, á excepción de las cajas que se dejan en ellos para las chimeneas, que se forman con ladrillo.

Las mejores piedras de molino duras para trabajos hidráulicos provienen de los valles del Sena y del Marne (Ponthiery y de Orgenoy, de Ris y de Viry Châtillon, cerca de Corbeil).

En Corbeil, Montgeron y Villanueva de San Jorge se encuentra esta piedra de forma más redondeada y de calidad más dócil para el machaqueo, lo que la hace muy á propósito para su empleo en el afirmado de las carreteras. Las canteras de Mezières, cerca de Mantes y de Triel, suministran también piedra de molino. En los alrededores de Versalles, de Buch y de Brunoy se encuentra esta piedra blanda.

Los paramentos de los muros de los muelles de París, en un espesor de $0^{m},35$, se hacen con sillarejos de esta clase de piedra, perfectamente escuadrados y labrados á arista viva. Cuando estas piedras empleadas en los paramentos son demasiado blandas, y si no se las ha limpiado bien, quitando las tierras rojizas que llenan las cavidades, al cabo de algunos años se recubre su superficie de una capa de verdín y á menudo de yerbas, que contribuye al deterioro de los paramentos. Son preferibles los paramentos construídos con piedra dura de molino procedente de Corbeil y de Châtillon.

Los residuos de piedra de molino, partidos en trozos pequeños, sirven para el afirmado ó empedrado de las calzadas ó para la fabricación del hormigón.

El precio de las piedras de molino en Francia, procedentes de la Ferté bajo Jouarre y otros sitios, varía entre 11 y 14,30 francos el metro cúbico (1).

Calizas.—Siendo las piedras calizas carbonato de cal, hacen efervescencia con los ácidos, en los que se disuelven casi completamente; se descomponen á una cierta temperatura, aun siendo muy refractarias, en cal y ácido carbónico; no son bastante duras para dar chispas con el eslabón. Además de la base esencial de la composición de las calizas, pueden estar acompañadas de sílice, alúmina, otras sustancias y óxidos metálicos, que son los que las dan diversos colores; á su variedad pertenecen los mármoles, que son un compuesto de cal y ácido carbónico. Cuando vienen solas estas sustancias, la piedra caliza ó mármol es blanco y transparente; pero cuando vienen acompañadas de óxidos metálicos, adquieren una gran diversidad de colores.

Piedras calizas duras.—Estas piedras se cortan con la

(1) Véase nuestro tomo III para la fábrica con estas clases de piedra.

sierra sin dientes, como el mármol, empleando el agua y arenisca blanda reducida á arena fina.

La piedra caliza blanca de las cercanías de París, para pequeños despiezos ó bajo aparejo, no tiene impresión alguna de conchas; se labra bien, resiste á la intemperie cuando se ha extraído de la cantera en época conveniente; está expuesta á la acción de las heladas cuando se emplea antes de haberse evaporado su agua de cantera.

La piedra caliza blanca y dura, cuyo grano es fino y su estructura compacta y uniforme, se obtiene de las canteras de Bagneux, de Arcueil, de Saint-Denis y de Clamart en bloques de 3 á 4 metros por 1^{m},50 á 2 metros y 0^{m},25 á 0^{m},30 de espesor. Se emplea para bancos, pasos de escalera, capiteles de columna (cimacios), panteones, pavimentos de baldosas, pasamanos, pedestales ó zócalos de las balaustradas; se hacen de ella las jambas y dinteles de las chimeneas de las habitaciones, fregaderos, etc. Se obtiene también esa clase de piedra en Château Landon, Corgoloin (Lado de Oro), Larrhys del Bief (Yonne) y Morley (Meuse).

La piedra caliza blanca Ferault, ó piedra caliza blanca ordinaria, es tan pura como la anterior, pero de un grano mucho más grueso. Se encuentra en las mismas canteras en bancos de una altura de 0^{m},35 á 0^{m},40; tiene los mismos usos, pero para obras de mayores espesores. Es difícil de trabajar.

La piedra caliza rosa ó blanda se obtiene de Maisons-Alfort y de Creteil (altura del banco, 0^{m},25 á 0^{m},30), de la isla Adam (0^{m},30 á 0^{m},40). Esta piedra se emplea para embaldosados, mesas y jambas y dinteles de chimeneas.

En Francia se da el nombre de *liais* á todas las piedras duras de grano fino que se presentan en las canteras en bancos de poca altura, de que se hace uso en París y que provienen del Bel-Air ó Belair, de Pacy, de Conflans-Saint-Honorine, de Noget-sur-Oise, de Senlis y del Laonnois.

El *cliquart* es una piedra de grano muy fino é igual que el

liais, que se presenta en bancos de altura muy á propósito para hacer buenos despiezos; contiene pocos detritus ó restos de conchas, y tiene un sonido metálico golpeada con el martillo. Esta piedra, que se ha sustituído á la blanca marmórea, resulta algo escasa; se la extrae en bloques de $0^m,30$ á $0^m,35$ de espesor en Montrouge y en Vaugirard; se obtiene una clase de piedra que reemplaza al *liais* de Bagneux, Clamart y Valle bajo de Meudon; esta piedra es menos dura, menos fina y fácilmente heladiza.

La llamada *roche* (roca) es una piedra muy dura y algunas veces con conchas incrustadas, de grano apretado ó estructura compacta; se encuentra en varios bancos superpuestos. La mejor se obtiene de Bagneux, Châtillon (gris) y la Butte-aux Cailles, cerca de Bièvre; tienen los bancos de $0^m,45$ á $0^m,70$ de altura, y también los hay que tienen á menudo de $0^m,10$ á $0^m,15$, siendo éstos de una clase de piedra que contiene muchas conchas. Arcueil suministra una clase de roca muy buena, teniendo cuidado de limpiar bien los lechos de cantera que tienen marga, lo cual reduce la altura del banco de $0^m,40$ ó $0^m,45$ á $0^m,35$.

Se obtienen piedras de esta roca en las llanuras de Belair, de Fleury, de Montrouge, etc., pero tienen pelos que los canteros ocultan por medio de un barro amarillento. Las canteras de Ivry producen una roca fina, á menudo atravesada con pelos y cuya altura de banco es de $0^m,40$ á $0^m,45$. En Vitry (Sena) se encuentra una roca en bancos de $0^m,30$ á $0^m,35$ de altura y de grano muy fino; se emplea para balcones y monumentos fúnebres; cuando se emplea esta piedra antes de que se haya evaporado su agua de cantera presenta una infinidad de pequeños pelos, que la deterioran á los dos ó tres años de estar expuesta al aire.

Se emplean también las piedras de roca dura de Saillancourt (Sena y Oise) para una altura de hilada hasta $1^m,50$, de Saint-Nom (con conchas gris muy claro), Chatenay cerca de Versalles (altura de hilada, $0^m,50$ á $0^m,80$), de la isla Adam, de Silly, de

Santa Margarita, de Souppes y de Château-Landon (Sena y Marne). Estas últimas, de color gris amarillento, de 0m,30 á 1 metro de altura de banco, son muy duras y susceptibles de pulimento como el mármol; presentan huecos ó coqueras y partes terrosas que es preciso limpiar y rellenarlos, sin cuya operación las heladas las romperían; su homogeneidad permite asentarlas en obra á contralecho, ó sea dándolas en el asiento lecho distinto del que tuvieran en cantera.

En Borgoña, las mejores canteras de piedras duras están entre Montbart y Châtillon sobre el Sena (Lado de Oro), en el cantón de la Isla y en Tonnerre (Yonne). La roca de Châtillon es tan dura como la de Château-Landon y no contiene partes terrosas. La altura de los bancos es de 0m,50 á 0m,65.

Las piedras duras de la Lorena se extraen de Euville (calcárea con conchas), Lerouville y Mecrin, cerca de Commercy (Meuse), de los Savonnières, cerca de Bar-le-Duc. Estas piedras están formadas por gruesos cantos que dan una fractura brillante. Se las emplea en basamentos, así como también las piedras del Belvoye, Damparis ó Saint-Ylie (Jura) (rojiza, que adquiere pulimento como el mármol; se hacen de ellas tablillas de gran longitud, balaustradas, parapetos ó pretiles); las rocas de la Ferté-Milon (Aisne), de Valangoujard, Soissons, Laversine, Comblanchien (oolítica), Vilhonneur (Charente), Victoria (Senlis), Ravière (Yonne), San Maximino (Oise), Courville (Marne), el Echaillon (Isère, blanca ó rosa), Lussac-les-Châteaux (Vienne).

Muchas de estas piedras se parecen al mármol y se emplean para trabajos hidráulicos.

Las canteras del Poitou proporcionan rocas duras de Chauvigny, medianamente duras de Bonnillet, de la Fuente del Breuil, de Bonnes, de Tercé-Normandoux y de Lavoux, etc. Esta última se usa mucho para la escultura y monumentos fúnebres.

El *banco franco ó piedra franca* es menos dura que la roca, y de un grano más fino y más igual; en esta clase de piedra no hay

conchas ni impresiones. Se emplea ésta en reemplazo de la caliza blanca por economía; el espesor de los bancos varía entre $0^m,30$ y $0^m,60$; proviene de Montrouge, Bagneux, Châtillon, Arcueil, la isla Adam (Sena y Oise), Mery, El Valle (Oise), La Ferté-Milon y Palotte (Yonne) Se comprende entre las piedras francas un banco de $0^m,30$ á $0^m,35$ de altura, que tiene una densidad media entre la roca y la caliza blanca (canteras de Montrouge, de Ivry, de Vitry y de Charenton).

Casi todas las canteras de piedras duras tienen bancos de calidad muy inferior para poder emplearse éstos á fin de obtener de ellos sillería; unas veces son los bancos inferiores, otras forman capas intermedias, pero más frecuentemente son los bancos superiores y más al exterior de la cantera. Los mejores trozos de estos bancos imperfectos se emplean en mampuestos para fundaciones.

El *espejuelo* es un banco franco que contiene conchas; el *rústico* presenta partes duras que hacen la labra muy difícil.

Las calizas de Ruoms (Ardèche), muy empleadas en el Mediodía de Francia, son de color gris azulado y muy duras; pesan 2.800 kilogramos el metro cúbico y resisten 150 kilogramos por centímetro cuadrado, teniendo los bancos una altura de hilada variable entre $0^m,15$ y $1^m,50$.

Piedras calizas blandas.—Estas piedras están compuestas de los mismos elementos que las precedentes y se sierran en seco con la sierra de dientes. Se las labra con la hachuela ó alcotana. Estas piedras resisten bien la helada cuando han perdido su agua de cantera; se labran con facilidad y su paramento se endurece al aire libre.

La especie blanda más buscada proviene de San Mauro; se presenta en bancos de $0^m,65$ á $0^m,95$ de altura. Se extrae también de las canteras Bajo Bosque, cerca de San Germán en Laye, en bancos de la misma potencia. Las canteras de Gentilly, Nanterre,

San Dionisio, Houilles, Montesson, etc., suministran esta piedra de clase más inferior en bancos de menos espesor.

Otra variedad de esta piedra se obtiene en las canteras de las márgenes del Oise (Laigneville, Neuilly bajo Clermont, Rousseloy, San Vaast, San Maximino). Esta piedra es árida, ligera y se halla en los bancos superiores de las canteras; es resistente y está formada por la agregación de una arena calcárea; presenta vetas coloreadas de óxidos metálicos, principalmente de ocre.

La piedra de los bancos inferiores en estas canteras es grasa, tiene el grano más fino, se rompe bajo la acción de pequeña carga y resiste menos á las influencias atmosféricas; es preciso dejarla bastante tiempo al aire libre para que pierda, después de extraída, el agua de cantera, con lo que se endurece la superficie. En esta clase de piedra, la arena calcárea que principalmente la constituye es de detritus de conchas pulverizadas, que no se distinguen del cemento calizo que los une.

Se encuentra en San Leu y Trossy, y se presenta en bancos de $0^{m},50$ á $0^{m},80$ de espesor.

Hay otra variedad de muy buena piedra, blanda y homogénea, que se extrae de las canteras de Conflans-Saint-Honorine sobre el Oise, en Savonnières, Jouy-le-Comte, Mèry, Butry, Presles, Rousseloy, San Maximino, San Vaas (Oise), en la Abbaye del Valle, en Vassens y Vierzy (Aisne) y en Château-Gaillard (Vienne). Esta última está en bancos de $0^{m},55$ á $1^{m},70$ de altura.

La primera especie (banco real, de $0^{m},40$ á $2^{m},30$ de alto) tiene un grano sumamente fino; se obtiene en bloques de todos tamaños para la escultura y la decoración monumental; con la piedra del banco real no puede emplearse la bujarda para la labra, pero se sierra con arenisca, se escuadra con el puntero y se labra con la escoda. La segunda especie se obtiene en la parte inferior de la cantera; es más blanda y más fina. La tercera especie (llamada en Francia *lambourde*) es de un grano tan fino como el del banco real, pero más blando y de inferior calidad.

Las dos primeras especies se emplean para molduras y esculturas. La variedad llamada *parmain* proviene de una cantera de la isla Adam (Jouy-le-Comte); es próximamente de la misma clase que la de Saint-Leu, más blanda y de grano más fino. La altura de los bancos de esta clase de piedra varía entre $0^m,60$ y $1^m,50$.

Se emplean también algunas veces piedras esponjosas y blandas llamadas *tobas*, *toberas*, margas endurecidas; si contienen demasiado alúmina no resisten las heladas, y es conveniente no emplearlas más que bien secas. La toba de las cercanías de París no es bastante resistente.

Sillería; cualidades y defectos.—Hay dos clases de piedras: las piedras duras, que no pueden cortarse más que con la sierra, agua y arenisca; las piedras blandas, que se cortan con la sierra de dientes.

Las principales cualidades de las piedras, sean duras ó blandas, consisten en que no tengan *pelos*, *yemas* ó *coqueras* (agujeros); que el grano sea fino y homogéneo en todas sus partes; que resistan bien la humedad y la helada, no abriéndose por la acción del fuego; debe distinguirse en ellas una tinta *espática*, producida por la destilación abundante del agua de cohesión. Deben ser susceptibles de fácil labra; resistir al aplastamiento, al choque, y presentar una superficie algo áspera para que el mortero pueda tener buena adherencia.

La piedra se presenta generalmente en las canteras formando bancos paralelos, horizontales ó algunas veces oblicuos, y compuestos ordinariamente de capas aparentes superpuestas. Las caras de separación de los bancos se llaman *lechos de cantera*. En cada banco se consideran dos lechos: el *lecho de encima* ó sobrelecho, que es el más blando, y el *lecho de debajo*, que es el más duro. En algunas piedras se distinguen los lechos difícilmente y se determinan después de la labra para su colocación en obra. Observando la fractura vertical de la piedra se nota una infini-

dad de vetas paralelas á los lechos, casi invisibles algunas veces. Se conocen los lechos de cantera en la piedra de los alrededores de París en la parte de flor blanda (*bousin*) que las recubre.

Es preferible y conveniente colocar en las construcciones las piedras de la misma manera que se hallaban en la cantera, ó lo que es lo mismo, que los lechos de éstas sean los mismos en aquéllas; presentan así mayor resistencia en la obra. Se dice que una piedra está puesta á contralecho en un muro vertical cuando se la ha asentado de modo que sus lechos de cantera resultan colocados verticalmente. Esta disposición es tanto más perjudicial cuanto más blanda sea la piedra; en cuanto actúa la acción de la carga, unida á los agentes atmosféricos, se desmorona la piedra y cae en pedazos.

En los arcos, fajas de cornisa y en las dovelas están necesariamente dispuestas las piedras á contralecho, es decir, que los lechos de cantera forman las juntas. Debe ser así, puesto que los sillares resisten mejor á la presión cuando ésta se ejerce en dirección normal á los lechos de cantera. Si un sillar ó piedra ha de quedar al descubierto, se debe colocar de manera que el lecho duro quede en la parte de encima.

Una piedra tiene buenas condiciones cuando no contiene conchas, ni chinarros, ni yemas, ni agujeros, ni hendiduras terrosas ó metálicas; tales son los mármoles ó calizas blancas de grano fino y estructura compacta más ó menos dura. Se designa así toda clase de piedra que se presenta tan dura en los lechos como en el interior de su masa ó banco. Estas son las mejores.

Piedras heladizas son las que no resisten la helada; absorben fácilmente la humedad y el agua que se deposita en las pequeñas cavidades que hay en su masa, cuya agua, al dilatarse por la congelación, deshace la piedra, haciéndola caer en hojas que concluyen por reducirse á polvo. Estas piedras son menos densas que las otras, no presentan el tinte espático y conservan mal sus aristas.

Algunas piedras heladizas pueden emplearse como mampues-

tos en los macizos de fundaciones, pero deben desecharse en absoluto para todas las demás partes de la construcción. Las piedras heladizas han de extraerse de las canteras en buena estación. Basta generalmente el período del estío para que desalojen su agua de cantera y para disminuir su condición heladiza.

La mayor parte de las piedras heladizas soportan el fuego de un horno de cal, mientras que las mejores piedras calcáreas no pueden soportar la misma temperatura sin estallar.

Las piedras blandas y porosas soportan mejor el calor que las piedras duras.

Las mejores piedras se hienden algunas veces y estallan bajo la acción de un frío muy intenso; tienen este defecto cuando se extraen de cantera en la proximidad ó en la época del invierno, pero si se extraen en buen tiempo, en el verano, hay lugar para que pierdan el agua de cantera y se hagan resistentes. Las piedras que absorben mucha agua escasamente resisten la helada y la humedad.

Se llama piedra coquerosa aquella cuya textura no es uniforme y tiene grietas ó agujeros rellenos de materias terrosas. Cuando las coqueras no son demasiado profundas pueden hacerse desaparecer por la labra; en el caso de que el espesor de labra sea insuficiente para hacerlas desaparecer no se pueden emplear estas piedras como sillares.

Cuando una piedra es arenosa y se desmorona con la humedad se dice que está carcomida. Este defecto es particular de algunas piedras blandas, cuyas aristas se destruyen por sí solas fácilmente.

Las piedras que tienen una ó varias pequeñas fajas ó vetas muy duras de la altura de un banco se las llama en Francia *piedras de hi rro.*

Se observa también en las piedras hendiduras (pelos), por donde se abren con el tiempo, comprometiendo la obra; venas terrosas que deshaciéndose dan lugar á los mismos inconvenientes, ó venas metálicas que son muy duras ó que se descomponen.

Las piedras que tienen el grano fino y apretado, la textura compacta y el color más oscuro son las más duras, más difíciles de trabajar y las que soportan mayores cargas. Aquellas cuya fractura presenta asperezas y puntos brillantes se trabajan más difícilmente que las que presentan la fractura lisa y de grano uniforme.

Las buenas piedras producen un sonido lleno, metálico cuando se las golpea con el martillo; las que tienen roturas ó venteaduras interiores producen un sonido sordo. Las piedras que exhalan un olor de azufre cuando se las trabaja son las más resistentes. Para piedras de la misma especie, las más densas son las más duras y las más fuertes. Cuanto más redondeados y menos astillosos sean los pedazos que resultan al partir una piedra más blanda es ésta. Es preciso desechar las piedras que contengan óxido de hierro ó de manganeso. Las piedras esquistosas se abren en láminas ú hojas cuando penetra en ellas la humedad.

Las piedras destinadas á los hogares, tubos de chimenea, etc., deben someterse de antemano á un fuerte calor; si no se abren en láminas se las puede utilizar, pero las calcáreas no deben emplearse en cuanto sea posible para esos usos.

Las piedras que dan chispas reunen todas las cualidades de una buena piedra mejor que las calcáreas, pero son en general duras y difíciles de trabajar.

En la elección de la piedra para sillería debe darse preferencia á gruesos escantillones, en tanto cuanto sus dimensiones no excedan demasiado de las que correspondan á la obra que se ejecute.

Los bloques de piedra calcárea se desbastan en cantera con el puntero, bien cuando se presentan en masa, bien cuando están en bancos francos, en rústica ó desbaste muy grueso; cuando la piedra es caliza blanda, de la que se labra en seco, con sierra sin dientes, y con la escoda para la caliza ordinaria (1).

(1) Véase el tomo III para la fábrica de sillería y sillarejos, y el tomo VIII para los mármoles, betunes y asfaltos.

PRECIOS CORRIENTES DE VARIAS CLASES DE PIEDRAS

			Unidad de medida.	Importe. — *Pesetas.*
Granito ó piedra berroqueña.		Losa de erección	m^3	70,50
	Sillar.	Liso	m^3	77
	Sillar.	Apilastrado, con chaflán	m^3	95,75
	Sillar.	Almohadillado	m^3	85,50
	Sillar.	Con alféizar	m^3	80,25
	Sillar.	Moldado	m^3	86,50
	Sillar.	Con chaflán	m^3	86,60
	Sillar.	Con jamba y salmer	m^3	105,50
	Tranquero.	A un haz, liso	m^3	79,50
	Tranquero.	Con jamba	m^3	87,50
	Tranquero.	A dos haces	m^3	94,85
	Tranquero.	Con jamba	m^3	89,50
		Pilastra	m^3	120,75
		Salmer	m^3	127
		Dovela y clave	m^3	127
		Dintel	m^3	127
		Imposta y jamba	m^3	110,60
		Sillar de ángulo	m^3	130,78
		Antepecho	m^3	132
		Albardilla	m^3	80
		Peldaño	m^3	120
		Batiente	m^3	80,95
	Losas.	De $0^m,21$ de grueso	m^2	17
	Losas.	De $0^m,14$ íd.	m^2	15
	Losas.	A cartabón	m^2	22
	Adoquines.	De 0,28×0,28×0,14 regulares	Ciento.	50
	Adoquines.	De 0,28×0,28×0,14 irregulares	»	40
	Adoquines.	Para encintar de 0,33×0,28	m.	7
	Adoquines.	Para encintar de 0,28×1,14	m.	4
	Basas.	Para media vara	Pieza.	6,50
	Basas.	Para pie y cuarto	»	5,50
	Basas.	Para tercia	»	4,50
	Basas.	Para sesma	»	3,50
Piedra blanca.—Sillar liso.		Caliza, llamada de Colmenar	m^3	220
		Idem de Guadalix	m^3	180
		Idem de Redueña	m^3	173
		Idem de Novelda	m^3	150,70
		Refractaria de Monóvar	m^3	162
		Idem de Guadalajara	m^3	150
		Idem de Sisante	m^3	150
		Blanda de Alcázar del Rey	m^3	138
		Idem de Rueda	m^3	91
		Caliza de Alconera (Badajoz)	m^3	190
		Idem de Alhama (Aragón)	m^3	120
		Idem de Priego (Cuenca)	m^3	115

		Unidad de medida.	Importe. — *Pesetas.*
Piedra blanca.—Sillar liso.	Arenisca blanca de Petrel.	m^3	130
	Idem íd. de Monóvar.	m^3	130
	Idem íd. de Sax.	m^3	140
	Arcillosa de Baides	m^3	200
	Calcárea de Chao de Mazas (Portugal).	m^3	145
Mármoles blancos.	Mármol blanco de Italia, de 2.ª	m^3	550
	Idem de Huelva.	m^3	450
Mármoles de colores.	Bardillo de Italia.	m^3	650
	Idem de Canfranc.	m^3	400
	Rojo de Aspe (Alicante).	m^3	450
	Idem Ereño (Bilbao).	m^3	500
	Amarillo Govantes (Málaga).	m^3	600
	Negro belga fino.	m^3	1.000
	Idem de Urda (Toledo).	m^3	450
	Idem Mañaria (Bilbao)	m^3	500
	Amarillo Carmen doncella (Játiba).	m^3	500
	Idem Brocatel de Tortosa; tres tonos en el mismo color.	m^3	600
	Negro con vetas encarnadas, bajo de Buscarró.	m^3	450
Accesorios.	Silicato de potasa, sólido, para endurecer las piedras	Kilog.	0,90
	Idem de sosa.	»	0,70
	Idem de potasa, en disolución á 35°.	»	0,30
	Idem de sosa, íd.	»	0,40
	Idem íd. á 50°.	»	0,45
	Maromas y cuerdas de cáñamo para tiros.	»	»
	Cables. De cáñamo de 35^{mm}.	»	»
	Cables. De acero. planos de 65 × 13^{mm}, compuestos de 120 alambres	»	»
	Cables. De acero. redondos de 15^{mm}, ídem de 36 íd.	»	»
	Cables. De acero. ídem íd., íd. de 60 íd.	»	»
	Trócolas.	Juego.	80
	Idem.	»	90
	Idem.	»	100
	Idem.	»	110
	Martillinas de acero superior para labrar piedra.	Pieza.	9
	Idem íd. íd.	»	12
	Idem íd. íd.	»	14
	Picas de acero superior.	»	10
	Cuñas para piedra.	»	8
	Barras ó palancas	Kilog.	0,25
	Mazas de acero	»	12
	Idem martillo de íd.	»	12

Investigaciones y ensayo de las piedras. Resistencia á la helada.—Antes de ejecutar una construcción es preciso examinar la clase de piedra que se emplea en el país y los edificios construídos con ella. Si se trata de abrir nuevas canteras es necesario asegurarse de la calidad de los materiales sometiéndolos á la acción del aire, del agua y de la helada. En cualquier estación podrá hacerse la experiencia de la acción del hielo sobre la piedra mediante el *procedimiento de Brard.*

Consiste este procedimiento en labrar de la piedra que se va á ensayar pequeños cubos de $0^m,04$ á $0^m,05$ de lado; después de haberlos pesado se les somete á la ebullición ó se les hace hervir durante media hora en una disolución de sulfato de sosa saturada en frío (sal de Glauber); se les suspende en seguida en una cámara que tenga la temperatura de 15° próximamente, hasta que los citados cubos se recubran de eflorescencias salinas semejantes al salitre; entonces se les rocía con agua, suspendiéndoles encima de un vaso con agua pura hasta que todas las agujas de la cristalización salina hayan desaparecido completamente. Hecho esto se vuelven á sumergir los cubos en la disolución fría, se les expone nuevamente á la acción del aire, se les vuelve á rociar con agua y se continúa operando del mismo modo durante cinco ó seis días. Cuando las piedras no son heladizas la sal no arrastra nada con ellas y no se halla partícula alguna de piedra en el fondo del vaso; pero si las piedras son heladizas se observa, desde que la sal desaparece, que se desprenden fragmentos de piedra, que los cubos pierden sus ángulos y se desmoronan sus aristas.

El *procedimiento Blümcke* consiste en el empleo de un cilindro metálico con dobles paredes concéntricas, terminado en su parte inferior por un embudo y cubierto con una tapa. La piedra que se somete á experiencia se coloca en un cesto de alambre suspendido dentro del cilindro. La mezcla frigorífica (formada por tres partes de hielo machacado y una de sal común) se coloca en el espacio comprendido entre las dos paredes; el todo se rodea de

un cuerpo aislador, fieltro ó serrín. Pequeños termómetros colocados en cavidades hechas de antemano en las piedras dan la temperatura. El aparato permite hacer bajar la temperatura á —12° centígrados, ó sea + 10° Fahrenheit.

Mr. Blümcke hace sus ensayos en pequeños cubos de 8 centímetros de longitud de arista y toma dos. El uno está saturado en frío con agua destilada; el otro está en estado natural. Después de tres horas de colocadas las piedras en el aparato refrigerante se retiran, colocándolas en una artesa llena de agua para volver á someterlas á la temperatura del ambiente. Durante este tiempo las partículas desagregadas caen al fondo de la vasija y se halla el peso de la materia desprendida de la masa principal. Se repite la experiencia varias veces y no se suspende hasta que empiecen á manifestarse degradaciones importantes, tales como grietas, roturas de los ángulos, roturas en forma de astilla, etc. La resistencia de una piedra á la helada está en razón inversa del peso de las partículas desprendidas por la acción del frío.

Los morteros de cemento son más resistentes que los de cal. Un mortero hecho con agua que contenga un 8 por 100 de sal común, y expuesto á una temperatura de 8°, no se ha alterado por la acción del hielo, mientras que el mortero hecho con agua dulce resultaba sin consistencia.

Esquistos pizarrosos.—Los esquistos arcillosos y pizarrosos, susceptibles de dividirse en hojas, dan sillarejos, sillares, pedazos en forma de baldosas para pisos ó azoteas, pero se las utiliza más frecuentemente fuera de España para pizarras en la cubierta de edificios [1].

Ladrillos y arcillas.—Entre los materiales artificiales que se usan en la construcción se encuentran en primer lugar los la-

[1] Véase el tomo XI, *Cubiertas*.

drillos constituídos por la tierra gredosa (arcilla). La propiedad que posee la arcilla de formar con agua una pasta que se endurece por el calor hace que conserve la forma que se la haya dado y presente gran resistencia después de la cocción; esta es la base de los productos cerámicos.

La arcilla (silicato de alúmina), conveniente para la fabricación del ladrillo, se compone de 45 á 80 partes de sílice, 15 á 40 de alúmina y una cantidad de agua que rara vez excede de 18. Alguna combinación de estos cuerpos, dos á dos, no es plástica, y las arcillas que tienen mayor cantidad de alúmina son las que en mayor grado poseen esta propiedad y que admiten mayor cantidad de agua.

Calentadas á 100°, las arcillas no pierden toda su agua; á 200 ó 300° pierden la mayor parte del agua que contienen, y no vuelven á adquirir su plasticidad cuando se las humedece. A temperatura conveniente adquieren gran dureza y cohesión, y una contracción que hacen disminuir sus dimensiones lineales en 1/5.

La arcilla para ladrillos refractarios se compone de 57 partes de sílice, 37 de alúmina, 4 de óxido de hierro y 1,70 de cal; es blanquecina y plástica.

Las *margas* son mezclas de arcilla y de cal; son más fusibles que las arcillas.

Ladrillos crudos ó adobes.—Se usan con mucha frecuencia; tienen $0^m,30$ de largo, $0^m,14$ de ancho y $0^m,07$ á $0^m,08$ de espesor.

Los ladrillos huecos se fabrican en moldes regulares. Los mejores son de arcilla roja ó blanca mezclada con arena. Se hacen con lodo de los caminos ó calles, que contiene arcilla, creta ó sílex comprimido. La época más favorable para su fabricación es la primavera y el otoño, estaciones en que se hace mejor la desecación; no se emplean más que después de pasadas éstas, para que por la exposición de las tierras al aire y al sol obtengan una de-

secación completa, sin la que la helada, haciéndolos hinchar, produciría su destrucción. En estos ladrillos produce mal efecto la humedad cuando no se les recubre con pintura ó con cal, ó con un enlucido de cal, arcilla y barro.

Ladrillos cocidos.—Los ladrillos cocidos se obtienen exponiendo á un fuego violento y sostenido los ladrillos crudos fabricados con arcilla mezclada con 1/5 á 1/4 de arena fina.

Los *ladrillos comunes* se fabrican con arcillas más ó menos arenosas y margas arcillosas, calcáreas ó fangosas. Cuando las arcillas son demasiado plásticas, los ladrillos que se obtienen resultan fáciles de deformarse y resquebrajarse; entonces se mejora la pasta mezclando arena fina (que impide la contracción) ó margas calcáreas. Cuando las arcillas no tienen bastante liga ó no son bastante plásticas se las mezcla con marga ó caliza, y muy raras veces con arcilla plástica.

Añadiendo á la pasta marga, caliza ó creta, se aumenta su fusibilidad; se prolonga la cocción hasta el principio de la vitrificación. Algunas veces se agregan á la pasta escorias de hierro, que actúan como materia inerte y regularizan durante la cocción el calor en el horno. Estos ladrillos resultan entonces negros, compactos, sonoros; resisten mejor á los agentes atmosféricos, pero son bastante fusibles.

Los ladrillos que se fabrican así no son desmoronables, pero su estructura debe ser bastante homogénea para que se les pueda cortar bien á golpe al hacer su asiento en obra.

Los *ladrillos refractarios* deben reunir, además de las propiedades de los buenos ladrillos, la de resistir á elevadas temperaturas. Los ladrillos de primera elección están hechos con arcillas plásticas muy refractarias, contienen algo de cal, óxido de hierro y se les añade uno á dos volúmenes de tierra refractaria pulverizada; las arcillas deben lavarse. Para los ladrillos semirrefractarios se aligera la arcilla por medio de la arena.

Fabricación.—Las tierras que contienen detritus de creta ó de piedra calcárea y de pedernal no pueden emplearse en la fabricación de ladrillos. Es preciso desechar las arcillas que contengan en abundancia piritas de hierro voluminosas; pero si las piritas son pequeñas, proporcionan cierta fusibilidad. Es preciso evitar que las arcillas contengan materias salinas ú orgánicas.

Se extrae la arcilla en el otoño y se la deja expuesta al aire hasta la primavera. Se remueve la arcilla con la azada para renovar las superficies, y esta exposición al aire limpia la arcilla de una parte de las sustancias extrañas que contenga. El amasado ó batido se hace pisándola ó batiéndola en una fosa; también éste se efectúa con cilindros laminadores que pasan sobre la mezcla, ó con la tina de amasar. Se limpia la arcilla de sustancias pétreas, creta ó piritas, pasando la tierra por un tamiz después de haberla triturado. Se añade entonces la arena ó la marga y se revuelve todo hasta que la mezcla resulte bien homogénea; se agrega el agua necesaria para que el amasado produzca una pasta dúctil consistente. Cuando la arcilla no contiene en proporciones convenientes la alúmina y la sílice se añade el elemento que falte.

Cuando la tierra está bien amasada se moldean los ladrillos por medio de marcos de madera, cuyos bordes están reforzados con chapa de metal, ó se hacen esos moldes de hierro. A causa de la contracción de 1/5 que sufre la tierra al secarse y también al verificarse la cocción, se dan á los moldes mayores dimensiones que las que deben tener los ladrillos. Después de colocada la pasta en los moldes, previamente polvoreados con arena para que la pasta no se adhiera á ellos, se saca el ladrillo y se pone á secar al sol y al aire en una era hasta que tenga bastante consistencia para poder apilarse en el horno (fig. 1), donde se cuecen al aire en pila á la llama de leña ó carbón de leña. Es preciso no dejarlos secar muy rápidamente para que no se agrieten, y moldearlos mecánicamente.

Una contracción de 1/8 de las dimensiones de un ladrillo re-

ción sacado del molde y el mismo ladrillo seco dispuesto para la cocción indica que la mezcla arcillosa está hecha en proporciones convenientes. Una contracción menor corresponde á una mezcla que no es bastante plástica; este defecto se corrige agregando arcilla ó separando el exceso de materias silíceas. Una con-

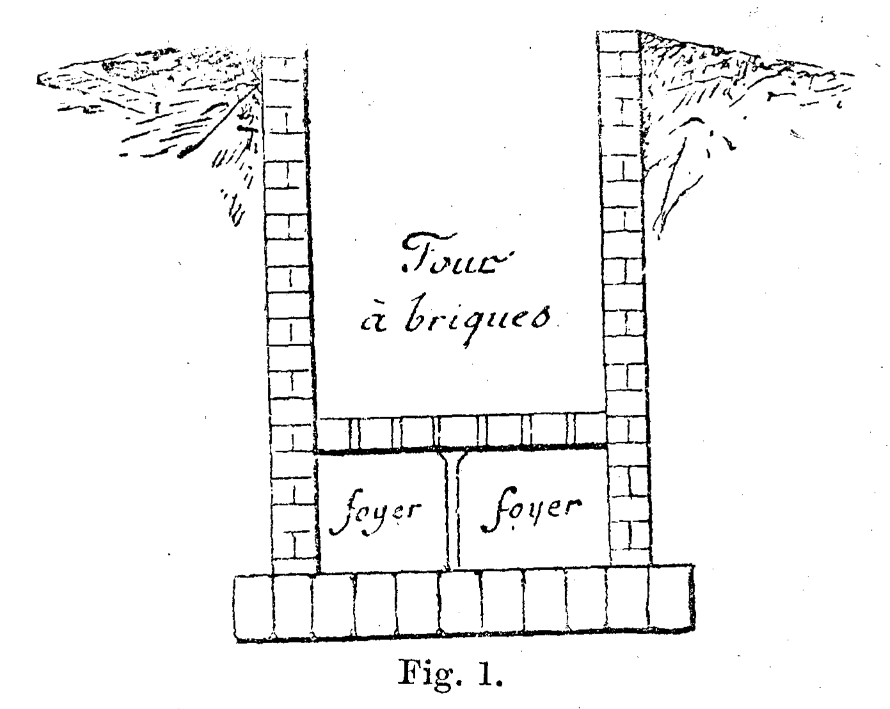


Fig. 1.

Explicación: *Four à briques*, horno de ladrillos.—*Foyer*, hogar.

tracción mayor que la citada indica la existencia de productos que producen hendiduras en la desecación y en la cocción; entonces deben añadirse materias inertes. Hay arcillas que precisan hasta un 33 por 100 de arena fina.

En los ladrillos huecos, cuando los espacios vacíos son algunas veces iguales á los macizos, hay un 50 por 100 menos de primeras materias que adquirir y que triturar; la desecación se efectúa mucho más rápidamente, y en la cocción se obtiene una economía de combustible de un 40 por 100. El precio de los ladrillos huecos resulta notablemente inferior al de los ladrillos macizos.

Se queman 1.040 kilogramos de leña por millar de ladrillos macizos. Si se emplea la hulla, son precisos 250 kilogramos de

hulla para 1.000 ladrillos. Por el método flamenco ó walón, 1.000 ladrillos cuestan próximamente unas 15 pesetas.

Con el horno circular Hoffmann, que fabrique 10.000 ladrillos diarios, son precisos, para construir el horno, 500 metros cúbicos de fábrica de mampostería, comprendida la chimenea, 170 metros cúbicos de arena, 3.700 kilogramos de hierro y fundición. El gasto es de 100 kilogramos de hulla para la fabricación de cada 1.000 ladrillos.

Los ladrillos de clase excepcional están hechos con tierra de tejas (tierra fina), amasada con cuidado y prensada en moldes metálicos; tales son los ladrillos tipos Borgoña, España y Castilla, de grano fino y compacto, cuyas dimensiones son para el primer tipo $0^m,22 \times 0,107$ á $0,11 \times 0,054$ á $0,055$; para el segundo tipo $0^m,255 \times 0,125 \times 0,048$, y para el tercero $0^m,305 \times 0,130 \times 0,058$. Su resistencia á la compresión llega hasta 2.900.000 kilogramos por metro cuadrado, pero son muy caros y no se emplean más que para paramentos de lujo.

Cualidades de los ladrillos para edificar.—Homogeneidad en toda su masa, textura igual, fractura brillante, carencia de grietas y defectos; dureza bastante para que puedan soportar grandes cargas; resistencia á la rotura; regularidad de forma, á fin de que las juntas tengan el mismo espesor en toda la extensión del ladrillo y que resulte uniforme el conjunto de la construcción; uniformidad de dimensiones, para que los ladrillos de una misma hilada tengan la misma altura que la que resulte en los paramentos en que haya fábrica de piedra ó sillares combinados con el ladrillo; uniformidad de color en los ladrillos de revestimiento y en los que se emplean en obras de ornamentación; facilidad de cortarlos y labrarlos á lo largo en la forma que se quiera.

Los buenos ladrillos tienen un sonido claro y metálico por la percusión; son duros, presentan el grano fino y compacto en su fractura; las aristas deben ser duras; la superficie unida, lisa y desalabeada; son de un color rojo moreno subido, y algunas ve-

ces presentan en la superficie partículas vitrificadas. Estas son debidas frecuentemente al grado de la cocción ó á la presencia de arena silícea y de escoria de hierro acumulada en la superficie, ó también á que la arcilla puede ser impura ó mal preparada.

Según Salvetat, 100 kilogramos de ladrillos secos absorben $13^{k},11$ de agua.

Para comprobar si un ladrillo puede resistir al hielo se puede emplear el procedimiento Brard (véase pág. 25).

Los buenos ladrillos bien cocidos reemplazan en muchos casos el sillarejo y suplen con economía la piedra de sillería.

Para las construcciones exteriores expuestas á la humedad, los ladrillos deben ser compactos y resistir la absorción de la humedad y del hielo. Para construcciones interiores pueden ser porosos, ligeros y deben ser fáciles de cortar para disminuir el trabajo.

Para bóvedas deben presentar una gran resistencia.

Los ladrillos tipo Borgoña ($0^{m},22 \times 0^{m},11 \times 0^{m},055$) son los mejores. Los ladrillos comunes, llamados del país, son menos estimados; se los emplea con ventaja, sin embargo, por su ligereza; tienen generalmente $0^{m},28 \times 0^{m},14 \times 0^{m},04$, cuyas dimensiones varían según las diferentes localidades.

Suelen también tener las dimensiones de $0^{m},28 \times 0^{m},136 \times 0^{m},04$. En Madrid se les da generalmente $0^{m},278 \times 0^{m},139 \times 0^{m},023$. En Francia y Bélgica, $0^{m},25 \times 0^{m},12 \times 0^{m},06$. En Inglaterra, $0^{m},23 \times 0^{m},11 \times 0^{m},065$; el prensado marca inglesa tiene $0^{m},24 \times 0^{m},12 \times 0^{m},04$.

Se presupone generalmente de 460 á 500 ladrillos marca española por metro cúbico de fábrica y 0,18 á 0,20 metros cúbicos de mortero.

El ladrillo prensado tipo Borgoña, que se obtiene en Valladolid en la importante fábrica de Silió, pesa cada uno próximamente 2 kilos 400 gramos. El peso de los más ligeros varía entre 2.063 kilos el millar á 2.250, y el de los más pesados, tipo Cas-

tilla, llega á 3.600 kilos el millar, con las dimensiones de $0^m,265 \times 0^m,130 \times 0^m,058$. Estos ladrillos son de un color vivo uniforme, sin vitrificaciones.

Clasificación de los ladrillos.—1.° *Ladrillos comunes.*—Cuestan de 30 á 35 pesetas millar, con las dimensiones de $0^m,28 \times 0^m,035 \times 0^m,14$ ó $0^m,260 \times 0^m,05 \times 0^m,125$. Los más gruesos, llamados ladrillos ingleses, contienen á menudo fragmentos de cok y de escoria, que les hacen más ligeros y susceptibles de guardar el calor de las habitaciones cuyos muros estén construídos con ellos.

Entre los ladrillos cocidos al aire libre se encuentran algunos poco cocidos que se deshacen mojándolos. Nos aseguramos de ello sumergiéndolos en agua, y su estructura terrosa indica la poca cocción, observando si se desagregan.

2.° *Ladrillos para hornos, hornillas, chimeneas y embaldosados.*—Deben resistir una cierta temperatura á rozamientos y choques; deben ser duros, compactos, pesados y bien cocidos.

Entre los ladrillos que reunen estas condiciones pueden citarse los de Borgoña, homogéneos, y sobre todo los llamados de *buenas marcas.*

Se fabrican medios ladrillos que tienen la mitad próximamente de la longitud de los ladrillos ordinarios y otros que tienen la mitad del espesor de aquéllos. Los primeros son muy cómodos para matar juntas en el asiento sin tener necesidad de cortar ladrillos enteros, y los segundos para obtener una altura precisa de hilada sin tardar demasiado tiempo en labrar ó preparar ladrillos enteros.

3.° *Ladrillos para depósitos de agua y acueductos.*—Estos ladrillos deben ser los más compactos y más cocidos; presentan en alguna de sus caras señales de vitrificación, y se los llama *ladrillos recochos.*

Los *ladrillos barnizados* por una ó varias de sus caras con un

enlucido vítreo (azulejos), se emplean para aljibes, depósitos de agua, acueductos y tiros de humos, á los que no se adhiere el hollín.

4.° **Ladrillos huecos ó tubulares.**—Son ligeros, económicos, muy resistentes á la rotura y á los agentes atmosféricos, proporcionan una ligazón muy íntima en las fábricas que se ha-

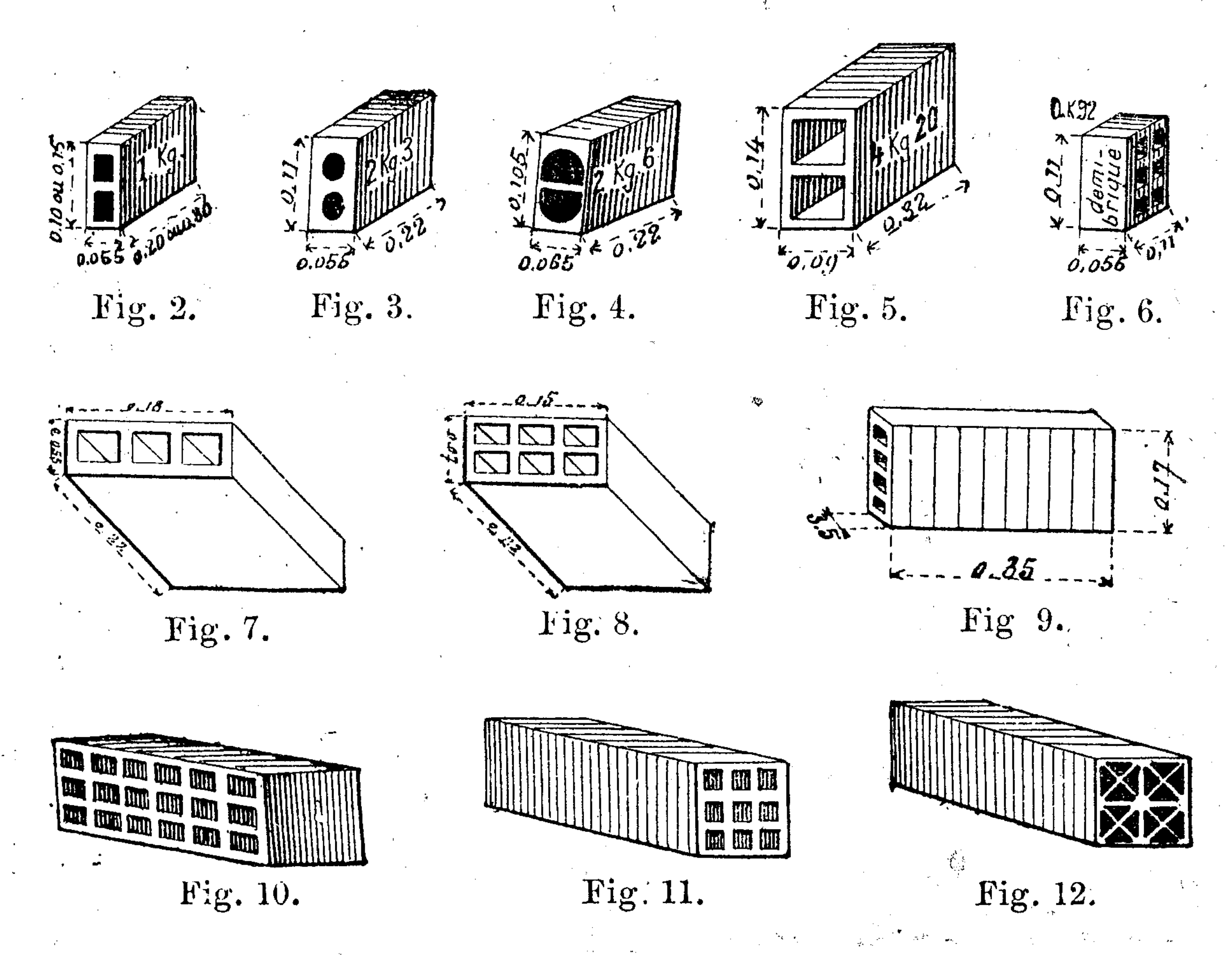


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

Fig. 7. Fig. 8. Fig 9.

Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

cen con ellos, son malos conductores del calor y no dejan pasar la humedad. Se les emplea para obras ligeras, pisos, techos, bóvedas, revestimientos, tabiques y otras partes de la construcción que no se quieren cargar más que con pesos pequeños.

Los huecos están hechos generalmente en el sentido de su longitud. Se distinguen estos ladrillos con grandes, medianas y pequeñas cavidades; estos últimos resultan los más ligeros para una misma resistencia, y admiten menos mortero en su interior. Hay

ladrillos que tienen 9 agujeros ó cavidades (fig. 11), 6 (figs. 6 y 8), 4 (fig. 9) y solamente 3 (fig. 7) ó 2 (figs. 2 á 5). Estos ladrillos atenúan los ruidos; para ventilación se emplean ladrillos de 18 agujeros (fig. 10).

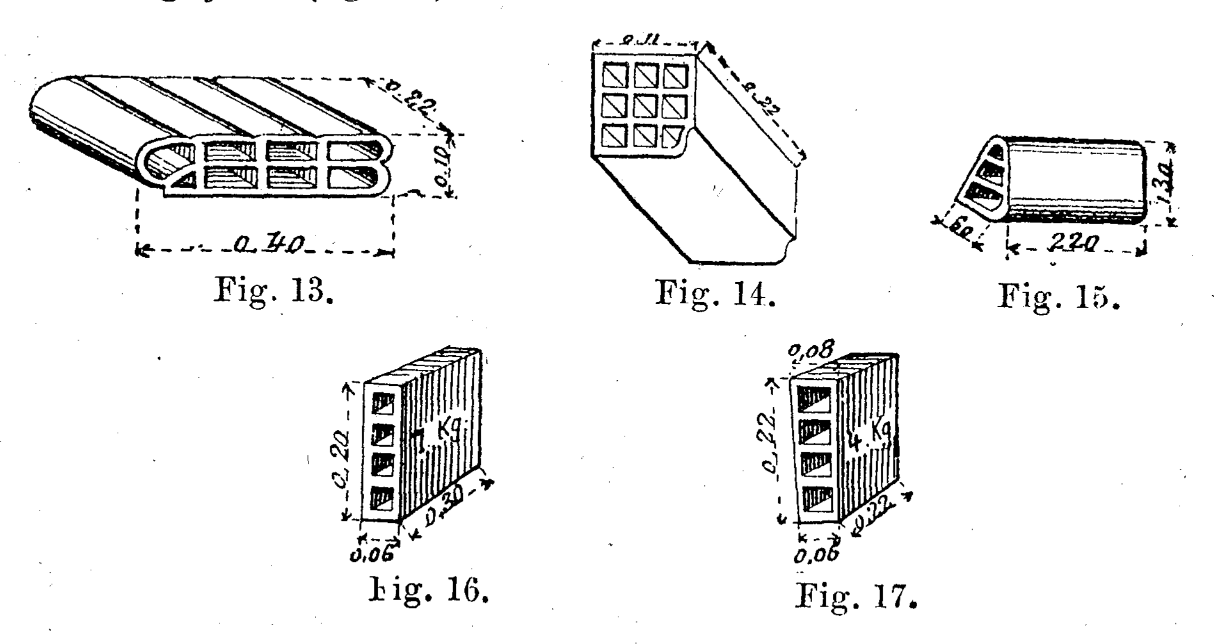
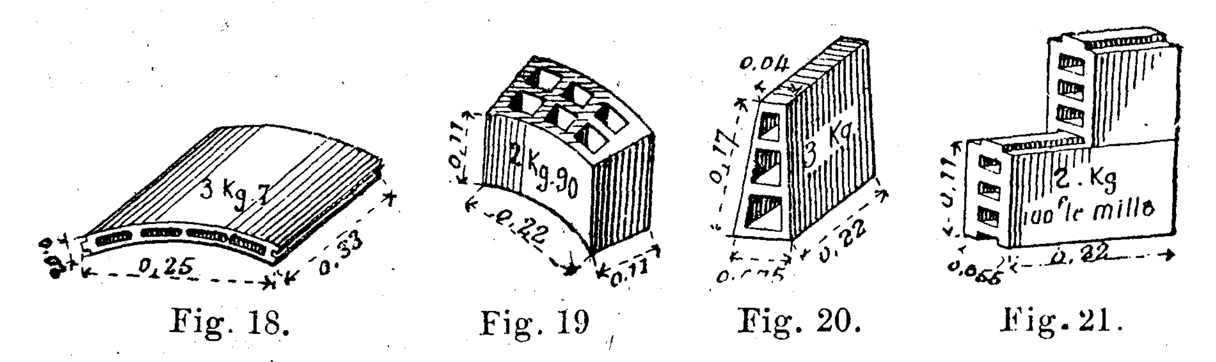

Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15.

Fig. 16. Fig. 17.

Las figuras 13 y 15 representan un ladrillo para pisos ó techos; las figuras 16 y 17, ladrillos para cargas y dovelas; las figuros 18 á 20, ladrillos circulares para bóvedas, chimeneas ordinarias ó de ventilación, etc.


Fig. 18. Fig. 19. Fig. 20. Fig. 21.

La figura 21 representa el ladrillo Robert-Avril, con saliente y muesca para encajar el del uno en la del otro y corredera en las juntas.

Ladrillos huecos encorvados con junturas de encaje Gilardoni para arcos (figs. 22 y 23).—Estas piezas se ponen sin cimbra. Una vez colocada la primera hilada, los encajes dan la dirección de las

otras piezas. Los morteros les dan una solidez tal que se forma un arco de un solo trozo, donde los empujes son casi nulos. Esta construcción es muy ligera y de rápida ejecución.

La casa Gilardoni, en Francia, hace también, para rellenos y muros, *bloques huecos* de un volumen de 16 ladrillos ordinarios. La cara externa del bloque está labrada con rayas simulando las juntas.

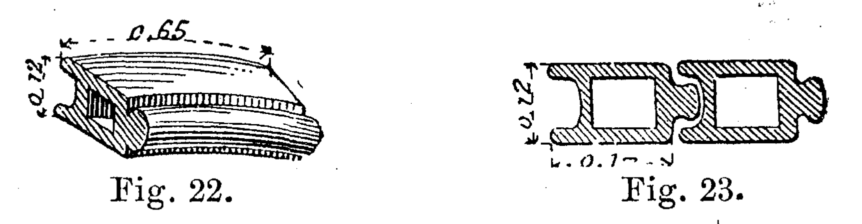


Fig. 22. Fig. 23.

Estos bloques cuestan un franco por pieza, con menos gasto en el asiento que el que sería necesario para el mismo cubo de fábrica de ladrillos; además, el paramento resulta completamente hecho. Los constructores calculan una economía de 30 á 40 por 100 con el empleo de estos bloques.

Es evidente, sin embargo, que no pueden emplearse más que en determinadas partes de las construcciones.

Ladrillos tubulares Cartaux.—Estos tienen por dimensiones $0^m,33 \times 0^m,16 \times 0^m,10$, y presentan dos vaciados cilíndricos longitudinales; sirven para tabicados de pisos ó techos de hierro.

Ladrillos tubulares Perrière.—Planos ó curvos, tienen dimensiones proporcionadas á la separación de las vigas de un piso y forman también un tabicado hueco, ligero, sólido y aislador.

5.° *Ladrillos circulares Gourlier.*—Empleados en la construcción de los tubos de chimenea, en el espesor de los muros [1].

6.° **Ladrillos refractarios.**—Estos ladrillos se fabrican con arcillas puras ó exentas de cales, de potasa, de piritas de hie-

[1] Véase el tomo III, *Fábricas de albañilería.*

rro. Tales son ciertos ladrillos de bóvedas, grandes crisoles, etc. Estas tierras se emplean también para pegar ó unir ladrillos refractarios.

Los ladrillos refractarios más estimados son los ingleses y los de buenas marcas de Borgoña. También se fabrican en España de buena calidad.

Los ladrillos refractarios comunes ó del país suelen costar de 45 á 50 pesetas el millar en fábrica, mientras que los de Borgoña valen de 60 á 100 francos.

Con la arcilla llamada *harina fósil* se hacen también ladrillos que son menos densos que el agua, completamente refractarios y que conducen muy mal el calor.

Ladrillos ligeros.—Los ladrillos llamados ligeros, de una densidad menor que la del agua, están formados de una mezcla de arcilla, alúmina, cal y óxido de hierro; son refractarios y pesan solamente cada uno $0^{k},450$.

Resistencia de los ladrillos.—Los buenos ladrillos ordinarios macizos resisten el aplastamiento, presiones que varían entre 100 y 200 kilogramos por centímetro cuadrado; esta resistencia se reduce á 39 kilogramos para algunos ladrillos comunes.

A la tracción pueden soportar los ladrillos un esfuerzo de 18 á 20 kilogramos por centímetro cuadrado.

En la práctica conviene no pasar para el aplastamiento de una carga de 12 kilogramos por centímetro cuadrado para ladrillos fabricados á máquina y asentados con mortero de cemento.

Los *ladrillos holandeses* (hechos con arcilla concrecionada y vitrificada exteriormente por arena cuarzosa) alcanzan, según experiencias hechas en Berlín, una resistencia de 379 kilogramos por centímetro cuadrado y tienen por dimensiones $0^{m},26 \times 0^{m},12 \times 0^{m},054$.

Entre las diferentes fábricas de ladrillo y productos varios

análogos que hay en España citaremos como una de las más notables é importantes, por la economía en precios, calidad y perfección en la fabricación, la establecida en Valladolid por el industrial D. Eloy Silió. Los pesos y precios de ladrillos y tejas planas son los siguientes, teniendo en cuenta que estos pesos son tan aproximados cuanto permiten los artículos de cerámica, que no pueden sujetarse todos al mismo grado matemático de cocción.

Precios y pesos de los productos de la fábrica de Silió, de Valladolid.

Núm. de orden.	LADRILLOS Y BALDOSILLAS	Precio del ciento. — *Pesetas.*	Peso aproximado de cada pieza. — *Kilogramos.*
1	Ladrillo prensado, tipo Borgoña.	5	2,400
2	Idem íd. España.	6	2,400
3	Idem íd. Castilla.	7	3,600
4	Idem íd. Borgoña, para dovela.	6	2,300
5	Idem íd. íd., íd.	6	2,500
6	Idem íd. íd., mocheta.	6	2.200
7	Idem íd. España, mocheta.	7	2,250
8	Idem íd. Borgoña, mocheta prolongada.	7	2,000
9	Idem íd. íd., media caña.	7,50	2,250
10	Idem íd. cornisa grande, ancha.	20	3,700
11	Idem íd. íd. íd., estrecha.	20	3,200
12	Idem tipo España, chaflán.	7,50	2,300
13	Idem íd. Borgoña para moldura.	7,50	2,300
14	Idem hueco íd.	4	1,650
15	Idem íd España.	4	1,680
16	Idem íd. íd	5	3,000
17	Idem íd. común.	3,25	1,350
18	Idem íd. para dovela y bovedillas.	5	1,500
19	Idem íd. portabotellas.	15	6,400
20	Idem íd. tipo París.	15	»
21	Baldosillas de 25 al metro cuadrado.	6,50	1,700
22	Idem de 36 íd. íd.	5	1,000
23	Idem para cartabón.	7,50	1,700
24	Ladrillo árabe para embaldosado.	6	1,200
25	Idem tipo España íd.	6	2,300

N.º de orden	PRODUCTOS VARIOS	Precio de cada pieza. — *Pesetas.*
1	Chimenea monumental.	50
2	Idem calada.	7,50
3	Idem sencilla.	4
4	Remate de chimenea cuadrada.	3
5	Idem íd. íd..	2,50
6	Sobrebalcón grande.	20
7	Idem concha..	12,50
8	Llave de arco, busto de mujer.	5
9	Idem íd. de hombre.	5
10	Idem íd. sátiro..	3,50
11	Idem íd. hoja.	3
12	Idem íd. escudo.	3
13	Ménsula.	4
14	Pasamanos alto.	0,75
14	Idem curvo.	0,50
15	Balaustre 3 piezas.	4
16	Cornisa monumental.	3
17	Idem íd.	2
18	Idem íd. ángulo.	5
19	Idem íd.	3
20 y 23	Idem íd. ángulos de capitel.	5
21 y 22	Idem íd. íd..	4
24	Tubo cuadrado para chimenea.	1
25	Idem íd. íd..	1.25
26	Gran jarrón.	50
27	Jarrón artistico.	25
28	Tubo continuo sin enchufe (el metro).	0,75
29	Idem íd. íd..	1
30	Tubería de varias dimensiones.	»

N.º de orden	PRODUCTOS PARA CUBIERTAS DE TEJADOS	Precio. — *Pesetas.*	Unidad.	Peso aproximado de cada pieza. — *Kilogramos.*
1	Teja plana tipo Borgoña, 13 al metro cuadrado.	18	Ciento.	3,000
2	Media teja íd. íd..	18	íd.	2,000
3	Teja plana íd., unión al caballete. . . .	22	íd.	3,300
4	Idem con caballete, para muros.	40	íd.	4,000
5	Idem tipo Borgoña, 21 al metro cuadrado	12	íd.	1,700
6	Idem íd. Boulet, 21 íd..	12	íd.	2,000
7	Idem íd. Marsella, 13 íd..	20	íd.	3,300

N.º de orden	PRODUCTOS PARA CUBIERTAS DE TEJADOS	Precio. — *Pesetas.*	Unidad.	Peso aproximado de cada pieza. — *Kilogramos.*
8	Teja de cristal tipo Borgoña, 13 al metro cuadrado.	6	Una.	3,800
9	Idem curva, 25 íd.	8	Ciento.	2,600
10	Idem de escama derecha para rotondas y palomares.	7	íd.	0,900
11	Idem cónica íd. íd.	7	íd.	0,900
12	Media teja id. id.	7	íd.	0,500
13	Gran teja para limahoyas.	50	íd.	4,000
14	Gran caballete romboide.	125	íd.	5,000
15	Pequeño íd.	75	íd.	3,500
16	Terminación sencilla del caballete romboide.	1,50	Una.	5,000
17	Angulo recto para caballete romboide.	3,75	id.	8,000
18	Terminación portapunzón del caballete romboide.	3	Uno.	6,000
19	Triple reunión de caballetes.	5	íd.	12,000
20	Final portapunzón del caballete florón.	3	id.	7,500
21	Caballete elegante	100	Ciento.	3,300
22	Terminación del caballete elegante. . .	1,50	Una.	3,000
23	Caballete para florón.	3	Uno.	7,500
24	Teja gatera ó ventilador.	5	Una.	9,000
25	Claraboya de hierro para cristal.	20	íd.	»
26	Idem íd.	12,50	íd.	»
27	Teja doble para paso de tubos redondos.	2	íd.	5,000
28	Idem para chimeneas de íd.	3	íd.	9.000
29	Idem sencilla íd. íd.	1,50	íd.	4,000
30	Idem doble íd. íd. cuadrado.	3	íd.	9,000
31	Idem íd. pequeña íd.	3	íd.	9,000
32	Florón para el caballete de íd.	2	íd.	5,000
33	Teja piñón para los costados de los tejados, derecha é izquierda.	75	Ciento.	4,000
34	Terminación para la teja piñón, derecha é izquierda.	4	Una.	5,000
35	Frontón escudo para toda clase de pendientes.	10	Uno.	10,000
36	Idem para pendientes de 0,50	12,50	íd.	12.500
37	Teja piñón adornada. derecha é izq.ª. .	2	íd.	5,000
38	Terminación de la teja piñón adornada, íd. íd.	5	íd.	7,500
39	Bordura para fachada.	2	íd.	5,000
40	Idem íd.	1	íd.	3,000
41	Punzón sencillo.	5	íd.	5,000
42	Idem elegante.	10	íd.	10,000
43	Media teja curva para balaustres. . . .	5	Ciento.	1,500
44	Frontón para toda clase de pendientes.	12,50	Uno.	15,000

PRECIOS DE LA TUBERÍA EN FÁBRICA	Vidriados.	Sin vidriar.	Peso.
	Pesetas.	*Pesetas.*	*Kilogs.*
Tubos redondos de 0,28 centímetros de luz interior.	3	2,25	22
Idem íd. de 0,22 centímetros de íd.	2	1,50	15
Idem íd. de 0,15 centímetros de íd.	1,25	1	10
Idem íd. de 0,10 centímetros de íd.	0.85	0,65	6
Idem íd. de 0,05 centímetros de íd.	0,50	0,35	3
Tubos cuadrados para chimenea de 30 × 40 centímetros de luz interior.	»	2,50	»
Idem íd. de 12 × 20 centímetros de íd.	»	1,25	10
Idem íd de 10 × 15 centímetros de íd.	»	1	8

	Precio del ciento.	Peso.
	Pesetas.	*Kilogs.*
A. Ladrillo tipo Romualdo para junta al descubierto.	9	3,000
B. Idem ordinario tipo España.	4	2,800
C. Idem íd. común.	3	2,230
D. Idem cuadricular para pavimentos.	6	1,700
E. Hexágonos para embaldosados 33 al m².	6	1,000
F. Rombos.	2,50	0,330
G. Idem negros.	5	0,330
H. Baldosín para mosaicos, encarnado.	2	0,350
I. Idem íd., negro.	4	0,350
J. Teja con enchufe para limahoyas.	100	5,000
Tubería con enchufe.	»	»

Productos que carga un vagón de 10.000 kilogramos.

Tejas planas de 13 al metro, núm. 1 del Catálogo.	3.300
Medias tejas planas, núm. 2 del íd.	5.000
Tejas planas, unión al caballete, núm 3 del íd.	3.000
Idem íd con caballete para muros núm 4 del íd.	2.500
Ladrillos prensados Borgoña, núm. 1 del íd.	4.500
Idem íd. España, núm 2 del íd	4.100
Idem íd. Castilla, núm. 3 del íd.	2.900
Idem prensados cornisa ancha, núm. 10 del íd.	2.450
Idem íd. estrecha, núm. 11 del íd	2.850
Idem huecos España, núm. 15 del íd.	6.600
Idem íd. comunes, núm. 17 del íd.	7.500
Idem íd. para dovelas y bovedillas, núm. 18 del íd.	6.000
Baldosas rojas de 25 al metro, núm. 21 del íd.	6.000
Idem id. de 36 al íd., núm. 22 del íd.	10.000
Ladrillos tipo España para embaldosados, núm. 25 del íd.	4.100
Idem tipo Romualdo para junta al descubierto, letra A del Suplem.^to	3.300
Idem ordinario tipo España, letra B.	3.600
Idem cuadricular para pavimentos, letra D.	5.800
Tejas con enchufes para limahoyas, letra J.	2.000

Dimensiones y precios de ladrillos, tejas planas y productos varios de la fábrica de los Hijos de Carral, de Segovia (1).

MATERIALES Y CLASES			Unidad.	Precio. — *Pesetas.*
Ladrillos..	Fábrica..	Macizos de 0,280×0,035×0,140.	Ciento.	3,50
		Macizos de 0,260×0,050×0,125.	íd.	3,50
		Agujereados 0.250×0,050×0,115.	íd.	3,50
	Huecos..	De 0,250×0,145×0,115.	íd.	3
		Para dovelas y bovedillas.	íd.	3
		Para bóvedas 0,270×0,045×0,240.	íd.	7
	Prensados.	De 0,260×0,050×0,125.	íd.	4
		De 0,240×0,050×0,115.	íd.	3,75
	Cornisa..	De 0,450×0,045×0,180	íd.	8
Baldosas	Comunes..	De 0,250 de lado×0,025.	íd.	4,50
		De 0,260 de lado×0,025.	íd.	4,75
	Prensadas.		íd.	5
	De 1/2 vara de lado ó baldosones.		íd.	20
	En cartabón.		íd.	4,50
	En cuarto íd.		íd.	4,50
Baldosines	Prensados.	De 0,175 de lado×0,017.	íd.	4
		De 0,195 de lado×0,015.	íd.	4,50
	En cartabón.		íd.	4 ó 4,50
	En cuarto íd.		íd.	4 ó 4,50
Tejas.	Curva.		íd.	4,50
	Idem para tejados dobles.		íd.	4,50
	Idem para limas ó aguilones.		íd.	25
	Escama.		íd.	5
	Plana, de 15 el metro cuadrado (privilegio exclusivo).		íd.	10
Tubos.	Cañería.		Uno.	0,50
	Chimenea.		íd.	0,50
	Codillos.		íd.	0,50
Caballetes.	Ordinarios		íd.	0,60
	Con crestería.		íd.	1,50
Balaustres / *Macetas..* / *Tiestos.* / *Jarrones.* / *Punzones.*	Para remates.—Convencional, según tamaño.			
Cal.	Sola, el hectolitro, 2,50 pesetas.		Fanega	1,38
	Con arena, dos cargas por fanega.		íd.	1,88
Yeso..	Blanco, el hectolitro, 7.25 pesetas.		íd.	4
	Negro, el hectolitro, 3,25 pesetas		íd.	2

(1) Estos precios son al pie de obra dentro del casco de la población. Cuando se expidan por las líneas férreas, los precios marcados son al pie de vagón.

Dimensiones y precios en Madrid.

		DIMENSIONES			Unidad de medida.	Importe. — *Pesetas.*
		Largo.	Ancho.	Grueso.		
LADRILLOS	Vitrificado ó santo; carro de un metro cúbico	»	»	»	»	12,50
	Recocho					3,50
	Pintón	0,28	0,14	0,04	Ciento.	3,25
	Pardo					2,75
	Trabuco	0,21	0,14	0,06	íd.	2,50
	Fino, ribera del Jaıama	»	»	»	íd.	6
	Prensado. Recocho de 1.ª	0,27	0,13	0,05	íd.	10
	Prensado. Pardo de 2.ª					8
	Borgoña. Recocho tosco de 1.ª	0,22	0,11	0,05	íd.	3,50
	Borgoña. Pardo íd. de 2.ª					3
	Hueco. Recocho	0,28	0,14	0,10	íd.	4
	Hueco. Pardo					3,25
	Refractario. Especial	0,24	0,12	0,05	íd.	27
	Refractario. Plano	0,24	0,12	0,07	íd.	32
	Refractario. Idem	0,24	0,12	0,05	íd.	25
	Refractario. Especial, de cuña de tizón	»	»	»	íd.	40
	Refractario. Ordinario, de cuña de soga	»	»	»	íd.	25
	De Segovia. Prensados	0,30	0,15	0,055	íd.	10
		0.28	0,14	0,048	íd	9
		0,255	0,125	0,048	íd	8
	De Segovia. Para cornisas; varios modelos	0,27	0,13	0,048	íd.	6,50
	De Segovia. Ordinario; macizo	0,26	0,130	0,045	íd.	3,50
	De Segovia. Refractario. Ordinario	0,25	0,12	0,06	íd.	12,50
	De Segovia. Refractario. Para altas temperaturas	»	»	»	Tonel.ª	40
	De Segovia, huecos para tabiques y bóvedas	0,50	0,22	0,07	Ciento.	15
		0,35	0,22	0,07	íd.	10
		0,33	0,16	0,055	íd.	6
		0,33	0,14	0,10	íd.	8
		0,35	0,20	0,05	íd.	8
		0,26	0,13	0,045	íd.	3
		0,26	0.12	0,04	íd.	2,50
	Rasilla hueca	0,26	0,125	0,030	íd.	3
	Hueco especial, machihembrado, para tabiques	0,40	0,25	0,05	íd.	10
TEJAS	De Alcalá	0,42	0,17	0,02	íd.	6
	De Villaverde	0,42	0,17	0,02	íd.	6
	De la ribera del Jarama	0,42	0,17	0,02	íd.	6
	Plana, forma romana	0,25	0,20	0,02	íd.	14

		DIMENSIONES			Unidad de medida.	Importe. — *Pesetas.*
		Largo.	Ancho.	Grueso.		
Tejas de Segovia.....	Plana, tipo Marsella	0,40	0,25	0,02	Ciento.	18
	Idem, íd. Borgoña..	0,40	0.25	0,02	íd.	17
	Idem, íd. Chalet...	0,30	0,14	0,02	íd.	20
	Idem, íd. Boulet...	0,30	0,14	0,02	íd.	25
	Idem, íd. Escama...	»	»	»	íd.	»
	Vidriadas, doble precio......	»	»	»	íd.	»
	Común de canal ó árabe de tejados dobles ó sencillos.	»	»	»	íd.	6,25

Ciertos ladrillos huecos pueden resistir hasta 194 kilogramos por centímetro cuadrado.

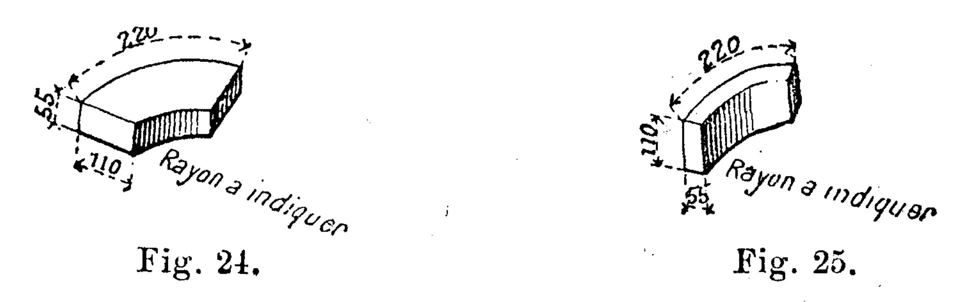
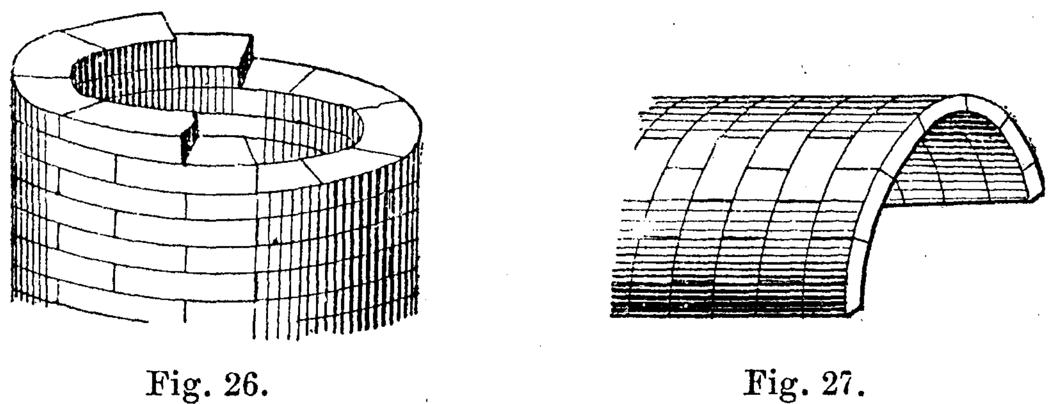


Fig. 24. Fig. 25.

EXPLICACIÓN: *Rayon à indiquer*, indíquese el radio.


Fig. 26. Fig. 27.

Los ladrillos *porosos* (menos pesados, que contienen lignito y serrín en una mitad de la masa que se moldea) tienen una resistencia de 185 kilogramos si son macizos y 84 kilogramos si son huecos.

El peso del metro cúbico de ladrillos asentados con mortero ordinario es de 1.700 á 1.800 kilogramos.

Son precisos 635 ladrillos tipo Borgoña por metro cúbico de fábrica.

Ladrillos de porcelana.—Los ladrillos de porcelana de Mr. Mouret son huecos y tienen $0^{m},22 \times 0^{m},12 \times 0^{m},06$; cuestan á unos 70 céntimos de peseta cada uno. Por efecto de su impermeabilidad é inalterabilidad se consideran de gran duración. Se emplean en la China desde hace largo tiempo, y por su duración resultan al cabo del tiempo más económicos que los ladrillos ordinarios.

Ladrillos de escorias.—Con las escorias de las fraguas y altos hornos se fabrican ladrillos de color gris blanquecino que se pueden colorear, y cuyas dimesiones son $0^{m},22$ ó $0^{m},24 \times 0^{m},105$ ó $0^{m},16 \times 0^{m},06$ ó $0^{m},105$; pesan 2,60 ó 4,50 kilogramos, y pueden adquirirse en fábrica de 30 á 33 francos y de 50 á 55 francos el millar. Se labran fácilmente; su grano resulla un poco grueso, pero las aristas son vivas y se pueden fabricar con ellos buenos paramentos. Su resistencia varía desde 100 á 188 kilogramos por centímetro cuadrado. Su capacidad para la absorción del agua no pasa de 67 kilogramos por metro cuadrado, mientras que los ladrillos de tierra cocida absorben hasta 200 kilogramos. Son más ligeros que estos últimos y conducen mal el calor. Su resistencia á la intemperie y á la helada es muy grande, tanto en el agua como al aire libre.

Se fabrican estos ladrillos de escoria, entre otros puntos, en Francia, en Saint-Dizier-Marnaval (Alto Marne) y en Sion-San Andrés (cerca de Marsella).

La Sociedad de mezclas de escorias de Donjeux (Alto Marne) ha inaugurado en 1898 la fabricación de nuevos ladrillos de escorias susceptibles de tener todos los colores posibles por la adición de diversos óxidos metálicos.

Con la denominación de *ladrillos blancos con mezcla de hierro* se fabrican excelentes productos del modo siguiente:

Se separa la escoria de la fundición de hierro sacándola de los altos hornos; se dirige en el estado incandescente por regueros que la vierten en un gran estanque lleno de agua. Tan pronto como se pone en contacto con el agua se divide en partecillas muy pequeñas, unas bajo la forma de grava fina y otras en estado casi pulverulento. La separación de estos dos productos se obtiene por tamizado en una tolva moviéndola con sacudidas.

Se mezclan entonces 75 partes de la grava y 25 de la escoria pulverulenta; se agrega un 25 á un 30 por 100 de cal hidráulica apagada. El todo se mezcla íntimamente y no necesita adición alguna de agua; desde luego resulta ligeramente húmeda. La masa se coloca en moldes de hierro.

Se obtienen así ladrillos de 22 × 10 × 6 centímetros, que resisten una compresión de 30 kilogramos por centímetro cuadrado.

Los ladrillos se ponen á secar al aire libre bajo cobertizos; durante la desecación, que necesita dos ó tres meses, adquieren una gran conexión. Resisten una temperatura de 800 grados sin romperse, conservando sus aristas muy vivas. Es precisa una presión de 350 kilogramos por centímetro cuadrado para romperse por aplastamiento. Su peso es de 2 á 400 gramos más ligeros que los ladrillos ordinarios. A pesar de la compresión que han sufrido en la fabricación conservan aún esta porosidad notable que les permite absorber el agua, y por consiguiente la de unirse bien con el mortero.

El color de estos ladrillos es blanquecino, acercándose algo al color gris, lo que les da aspecto de piedras labradas.

Ladrillos ó baldosas de corcho para suelos.—Los ladrillos ó baldosas de corcho son una especie de aglomerados fabricados con mortero de cal ó de otra materia que sirva de unión

á recortaduras de corcho pulverizadas ó de tapones viejos; pesan cinco ó seis veces menos que el ladrillo de Borgoña á iguales dimensiones, ó sea 380 gramos para un ladrillo de corcho de $0^m,22 \times 0^m,11 \times 0^m,06$. Son precisos 38 de estos ladrillos por metro cuadrado puestos de plano y 67 de canto. El precio del millar en la estación de París es de 115 á 120 francos.

Su resistencia al aplastamiento llega hasta 14,5 kilogramos por centímetro cuadrado. Estos ladrillos, impermeables, son aplicables para tabiques, bóvedas, rellenos, techos, tejados, etc.

Los ladrillos de corcho pesan solamente de 250 á 300 kilogramos el metro cúbico; por su poco peso permiten poder utilizarlos para construir paredes divisorias sobre pisos ó suelos, sin preocuparse del peso que á éstos se aumenta. Estos ladrillos se emplean como los ordinarios; se les tabica ó asienta con yeso ó con mortero; pueden recibir enlucidos; los clavos penetran en ellos fácilmente; se les puede sujetar á los tabiques ó muros que estén ya hechos ó á bastidores, etc. Se les clava y maneja como la madera.

Los ladrillos de corcho se hacen también con las dimensiones de:

$$0,25 \times 0,12 \times 0,065 \text{ y } 0,33 \times 0,16 \times 0,06$$

Las *losas de corcho* se emplean para revestir las paredes y los cielos rasos; impiden la propagación del ruido y de la humedad; tienen $0,50 \times 0,25$ y un espesor de 0,04 á 0,06. Se colocan estas baldosas por medio de clavos ó se las sujeta con cola ó betún; cuestan desde 3,25 á 4,65 francos el metro cuadrado.

Se fabrican también *briquetas* de corcho aglomerado de 0,08 á $30 \times 0,06$ y espesor de 0,015, aparejadas como pisos de pavimentos de madera y con las que se puede embaldosar el suelo (1).

(1) Para las fábricas de ladrillo, véase el tomo III.

La Sociedad de Corchos y Aglomerados (casa Th. Garnot-Denniel y comp.[a]) ha obtenido excelentes resultados con sus tabiques aligerados formados por estos ladrillos que, revocados por las dos caras, no pesan más que 37 kilogramos por metro cuadrado (en vez de 120 á 130 kilogramos que pesaría el de los ladrillos ordinarios). Sus muros divisorios formados con ladrillo de corcho y aglomerado no dan por metro cuadrado más que á razón de 250 kilogramos el metro cúbico (en vez de 1.800 kilogramos con los ladrillos de Borgoña). Los productos de corcho de la casa Denniel se emplean también para revestimientos de rrellenos, bóvedas ligeras, tabicados de suelos y cielos rasos en que no se transmite el ruido, para pavimentos, tejados y en todos aquellos casos en que se quieran materiales aisladores.

La Sociedad *La Suberine* fabrica también ladrillos y baldosas de corchos pulverizados y aglomerados con excelentes propiedades de aislamiento.

Dimensiones normales de los ladrillos.—En España, y aun más en Francia, es considerable el número de los modelos de ladrillos, desde el punto de vista de sus dimensiones. La Unión Cerámica y Calera de Francia, en 1885, redujo á dos tipos las construcciones con ladrillos: construcciones completamente de ladrillos y construcciones mixtas (piedra y ladrillos). Las primeras exigen una relación sencilla entre sus dimensiones, á fin de que en el asiento se puedan alternar sus juntas, tanto en el plano horizontal como en los planos verticales. El aparejo vertical es el menos importante, y sólo en casos especiales es preciso, cuando hay que sujetarse á una altura determinada y hay que colocar los ladrillos de pie ó de canto (en sardinel). En la construcción mixta, formada de sillería ó mampostería y ladrillos, la piedra forma las cadenas, los ángulos, las cornisas, las partes principales de la fachada de las obras. Los ladrillos desempeñan el papel de relleno, y el cuidado consiste

en colocarlos de manera que los espesores y las alturas de los muros comprendan un número exacto de ladrillos, teniendo en cuenta el sentido en el que han de colocarse al asiento, y también el espesor de la junta; se ve que se tendrá un aparejo horizontal conveniente admitiendo que el ladrillo puesto de plano tenga una longitud L doble de su ancho l, más el espesor j de la junta; es decir, satisfaciendo á la igualdad:

$$L = 2l + j. \qquad (1)$$

Para el aparejo vertical se puede *à priori* admitir que la longitud L del ladrillo comprenda cuatro veces su espesor e más tres juntas j, ó bien que el ancho l comprenda dos veces su espesor e más una junta j; es decir, que se tendrán las relaciones:

$$L = 4e + j; \qquad (2)$$

$$l = 2e + j. \qquad (3)$$

Se podrían determinar las dimensiones de un ladrillo partiendo de la longitud L y del espesor j de las juntas. Para la longitud $L = 0^m,23$, y un espesor de junta igual á $0^m,01$, la fórmula (1) da $0^m,11$ para el ancho y las fórmulas (2) y (3) dan $e = 0^m,05$. Se obtiene así un ladrillo cuyas dimensiones normales $22 \times 11 \times 5$ serían convenientes tanto desde el punto de vista de las combinaciones en el aparejo horizontal como en el vertical. La longitud del ladrillo y el espesor de las juntas no pueden variar en una gran extensión, porque las dimensiones no pueden pasar de las que aseguren al ladrillo una buena cocción sin alabeos. Por esta causa no conviene separarse de las dimensiones del ladrillo de Borgoña:

$$0,22 \times 0,10 \times 0,054,$$

que si bien no cumple con alguna de las condiciones convenientes á los aparejos horizontal y vertical, se debe considerar como

tipo al que conviene aproximarse. En cuanto al espesor de las juntas, se debería poder variar según la naturaleza de los morteros; los morteros de fraguado lento admiten un espesor mayor que los de fraguado rápido. El espesor de $0^{m},01$ parece un poco excesivo para los morteros de cal hidráulica. Con los morteros de Portland, bastaría el espesor de $0^{m},005$ á $0^{m},006$. El espesor normal adoptado por la Comisión es de $0^{m},008$, y este espesor ha obligado á adoptar para dimensiones normales del ladrillo:

$$0,220 \times 0,106 \times 0,054.$$

Después de esto, el espesor de $0^{m},054$ es el del ladrillo de Borgoña y las dimensiones responden al aparejo del plano. Se tiene la relación:

$$0,220 = 0,106 \times 2 \times 0,008.$$

Estas dimensiones no responden al aparejo vertical, pero de esta condición puede prescindirse sin inconveniente. La Comisión ha hecho adoptar el tipo normal por la Sociedad de Ingenieros civiles, por la Sociedad central de Arquitectos, y le ha hecho entrar en la serie de los precios bajo la denominación de *ladrillo de la Unión cerámica y calera de Francia.*

Productos varios que se fabrican para su empleo en las construcciones.—En éstos se comprenden los tubos de tierra cocida para chimeneas [1], para ventiladores de corriente de aire, remates de chimenea, ménsulas, etc. Estos diversos objetos se hacen de arenisca ó de tierra cocida.

Se sustituye á los suelos de madera bóvedas de ladrillo hueco recibido con yeso ó con mortero y sostenidas por viguetas de hierro, lo que une á la solidez la ligereza y pone á los edificios casi completamente al abrigo de los incendios [2].

[1] Véase el tomo III, *Albañilería.*
[2] Véase el tomo VI para suelos de hierro y bovedillas de ladrillo.

Se construyen piezas de formas y dimensiones diversas para bóvedas, claves de los arcos y tabiques (figs. 2 á 23); unas afectan la forma de una olla ó jarrón cerrado en sus dos extremidades, y tienen 0^m,10 de diámetro medio por 0^m,15 de altura; otras con rincones ó cilindros de 0^m,05 de altura por 0^m,17 de diámetro, etc. Estas piezas se fabrican á torno, como el de los fabricantes de ollas, con tierra de tejas, ladrillos y pucheros ordinarios. En el Mediodía de Francia se fabrican, para las bóvedas ligeras, prismas huecos de tierra cocida que tienen 0^m,14 de altura; bases hexagonales inscritas en círculos de 0^m,17 de diámetro, y cuyo vaciado es cilíndrico.

Se hacen también esas piezas con yeso y cascotes para tabicados de suelo y tiros de humo. En esta última aplicación, poco recomendable, se mezclan con el yeso escorias y se consolida por medio de una armadura de alambre.

Embaldosados de suelos.—Se forman éstos con baldosas ó baldosines colocados en el pavimento de las habitaciones; se hacen de caliza, á menudo de mármol; se les da la forma triangular, cuadrada, hexagonal, octogonal, que se emplean separadamente ó combinadas.

Las baldosas más empleadas son cuadradas, de tierra cocida; las usadas en el pavimento de las habitaciones tienen 0^m,027 de espesor y son inscritas en un círculo de 0^m,20 ó de 0^m,14 de diámetro; son precisas respectivamente 40 y 80 para cubrir un metro cuadrado de superficie, y el peso de 1.000 varía entre 800 á 900 y de 350 á 400 kilogramos. Se fabrican en Francia en Borgoña, en Massy, en París y sus alrededores, y en España en Andalucía y otros puntos.

Se hacen igualmente de tierra cocida baldosas cuadradas para cubrir los hornillos de cocina ó embaldosar las chimeneas de las habitaciones. Las de primeras marcas tienen 0^m,027 de espesor, y respectivamente 0^m,20 y 0^m,16 de lado; las de la tercera *(bal-*

dosas de pisos ó bandas) tienen $0^m,16$ de lado y $0^m,02$ de espesor.

En el Mediodía de Francia, y también en España, se emplean baldosas cuadradas y hexagonales, cuya superficie está barnizada ó pulimentada (baldosines). Cuando se las frota con un lienzo un poco grueso adquieren un aspecto como si la superficie estuviera pintada al óleo ó preparada con cera.

Se fabrican estos baldosines en Francia en Trèbes, en Carcassonne y en San Enrique, cerca de Marsella. Son notables también por su buena calidad los que se fabrican en España, especialmente en Valencia, donde también se obtienen excelentes azulejos y baldosines con un barnizado vítreo y grabados diferentes dibujos, coloreados ó en blanco.

El poco espesor de los baldosines y de las baldosas les hace algunas veces alabearse al fuego, hasta el punto de hacerlos impropios para pavimentos; entonces es preciso desalabearlos con piedra de asperón, lo que es costoso (1).

Suelos con yeso.—Con mortero de yeso y cascote de poco espesor se hacen, en moldes de madera ó de hierro articulados, baldosas ó ladrillos en forma de paralelepípedo, que sirven para construir tabiques de separación; tienen ordinariamente $0^m,48$ de largo, $0^m,32$ de ancho y de $0^m,04$ á $0^m,20$ de espesor; el espesor más común es de $0^m,08$ (comprendido el enlucido); éste es el que está más conforme con la escuadría ordinaria de los gruesos de marcos de las puertas y pies derechos y demás piezas que forman el bastidor de los tabiques.

Estas baldosas de yeso valen á 18 francos el ciento; se las hace agujeros para que resulten más ligeras. Se colocan de canto según su espesor; los bordes están siempre ahuecados en su medio, de manera que reciban el yeso que sirve para colocarlas. Su

(1) Véase para el *Pavimento* en el tomo VIII.

cara está algunas veces estriada para facilitar la adherencia de los enlucidos.

Se hacen baldosas huecas de yeso que tienen casi las mismas dimensiones; son muy ligeras y aislan el ruido en los departamentos ó habitaciones.

Las baldosas bien hechas tienen dos lados con nuez ó filete, y los otros dos con ranura ó boca de lobo, para ensamblar bien unas con otras.

Las *tablazones de yeso* (H. Houdard y compañía) no tienen los inconvenientes de las baldosas de yeso; se clavan como la madera y no se recubren más que de un enlucido de 3 milímetros de espesor; estos revestimientos ó tabicados secan rápidamente. Las tablazones ó tableros de yeso se adquieren bajo la forma de tablas de 15, 30 y 60 milímetros de espesor y de $2^m,50$ de longitud; se emplean principalmente para tabiques y revestimientos de muros ó cielos rasos; son ligeras, aisladoras, incombustibles y no se pudren.

Yeso.—Las *piedras de yeso* (sulfato de cal hidratado) se presentan cristalizadas en prismas, en agujas, en láminas, en rosetones eflorescentes, en espejuelo, en forma de lanza ó lanceolado, ó en masas de tejido laminar, fibroso, granoso, compacto ó terroso. La piedra de yeso algunas veces contiene mezcla de cal carbonatada, arcilla y arena.

El sulfato de cal puro (*gypse*) no da chispas con el eslabón ni hace efervescencia con los ácidos; á la temperatura ordinaria se disuelve en 500 veces su peso de agua. El máximum de solubilidad corresponde á $+ 35^o$; á 0°, 100 partes de agua disuelven $0^p,205$ y á 35° $0^p,254$; á mayor temperatura disminuye la solubilidad: á 100°, 100 partes de agua no disuelven más que $0^p,217$.

Ciertas piedras yesosas se emplean como sillares, sillarejos ó mampuestos, piedras de adorno, mortero ó enlucido de yeso.

El *gypse* calentado á 130° pierde su agua y se transforma en

sulfato de cal anhidro, pulverulento y harinoso (*yeso*); en este estad), puesto en contacto con el agua, vuelve á tomar la que ha perdido y se calienta de modo sensible. Para esto es preciso que el *gypse* no haya sido calentado; así cuando la temperatura se ha elevado solamente á 160°, la materia no vuelve á tomar su agua más que muy lentamente.

Las piedras de yeso se cuecen en hornos especiales calentados con leña (fig. 28).

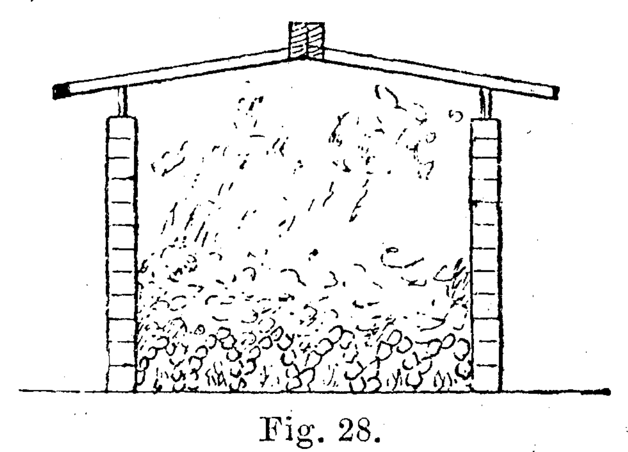


Fig. 28.

Por metro cúbico de yeso se queman de 135 á 275 kilogramos de leña, según su clase.

La duración de la cocción del yeso varía de diez á quince horas; se modera el fuego al principio, y se aumenta hasta que el sulfato haya perdido toda su agua. Su peso ha disminuído entonces en 1/4.

Cuando el yeso está cocido se prueba al tacto que es suave y se pega á los dedos; los enlucidos que con él se hagan resultan con grano fino. Cuando no está bastante cocido es árido, absorbe el agua imperfectamente y no forma un cuerpo bastante sólido. Cuando está demasiado cocido rechaza el agua por que está en parte vitrificado; se convierte en árido, arenoso, y se desgrana ó desmorona cuando se le emplea.

Los yesos malos son amarillentos, ásperos al tacto, tardíos en fraguar; dan enlucidos que se agrietan fácilmente y que en lugar de extenderse bien con la llama se rayan.

El yeso expuesto al aire absorbe la humedad y pierde sus cualidades (*salitroso*), por lo tanto debe emplearse en seguida. Si ha de venir de lejos conviene traer la piedra y cocerla en el momento de emplear el yeso. Para conservar el yeso es preciso preservarle del contacto del aire.

Existen yesos cuyo fraguado sería tan rápido, empleados inmediatamente después de la cocción, que no daría tiempo á su empleo; por esta causa es por lo que algunas veces se le deja reposar cuatro ó cinco días antes de usarle.

El yeso reducido á polvo, moliéndole con muelas ó cilindros, mezclado con una cierta cantidad de agua, produce una cristalización confusa que hace volver á adquirir al yeso su dureza primitiva, es decir, la de una piedra blanda.

El yeso se adhiere bien á las piedras y á los ladrillos, pero mal á la madera; es preciso evitar su empleo en lugares húmedos; en sitios secos se conserva bien al abrigo del sol. La adherencia del yeso es desde luego mayor que la del mortero, pero disminuye á medida que pasa tiempo, mientras que la del mortero aumenta. La mezcla con arena disminuye en los 2/3 la cohesión del yeso.

Para amasar el yeso es preciso tanta agua como yeso. Se toma menos de aquélla, es decir, que se hace el amasado espeso cuando se quiere ó es preciso que el yeso conserve toda su fuerza, pero entonces es preciso emplearle inmediatamente de amasado; se añade más agua, es decir, se hace amasado claro cuando el empleo del yeso exige más tiempo; se amasa muy claro para enlucidos de cielos rasos; en fin, se amasa con más agua aún, es decir, que se forma lo que se llama una *colada* ó *lechada*, cuando ha de emplearse en tapar ó rellenar agujeros ó juntas en que la llana no puede emplearse (ladrillos, baldosas, etc.).

La cantidad de agua que ha de echarse en la gamella ó artesa para un viaje de peón es próximamente dos cubos; para dos llanadas, cubo y medio; para una llanada, un cubo; para media lla-

nada, medio cubo; para un puñado, un cuarto de cubo. Amasar *espeso como un huevo* significa medio puñado.

Para el yeso bien cocido pasado por cedazo, con destino á enlucidos, son precisos 30 litros de agua en el amasado de un saco que contenga 25 litros de yeso.

Para el yeso bien cocido pasado por cesta, y hacer amasado para tabicar fábricas ó para hacer tendidos ó blanqueados, son precisos 18 litros de agua por saco de 25 litros de yeso. El yeso medianamente ó demasiado cocido absorbe 1/8 de agua menos que los precedentes. Una piedra de yeso cocida á un grado conveniente y molida en seguida absorbe un volumen de agua casi igual al que aquélla contiene antes de la cocción.

Cuando se amasa el yeso se echa primeramente en la artesa la cantidad de agua necesaria; se esparce uniformemente el yeso por medio de la paleta. El albañil lo revuelve con ésta (que debe ser de cobre, porque de hierro se oxidaría en seguida), moviéndola en todos sentidos, rompiendo los terrones con la mano; si el yeso amasado resulta un poco claro para su empleo se le deja *doblar* un poco, es decir, tomar una ligera consistencia; entonces se emplea con rapidez, porque una vez que el yeso haya empezado á doblar no debe dejarse largo tiempo sin emplearle.

Un metro cúbico de yeso en polvo produce 1^{m3},18 de mortero, y el hinchamiento después de veinticuatro horas de su empleo es próximamente 1 por 100, cuya mitad se produce á la media hora de puesto en obra. Se distinguen tres clases de yeso:

1.° El *yeso en cesto*, que es el estado en que el fabricante lo entrega; se le emplea para superficies de suelos ó techos, tabicados con ripio ó cascote de los muros, empotramiento de maderas y revoques ó blanqueos. Se llama también así el yeso tamizado en un cesto de mimbre; es más fino que el precedente y sirve para revoques de poca *carga* (espesor).

2.° El *yeso en saco*, pasado por un tamiz de crin; sirve para enlucidos y molduras.

3.º El *yeso pasado por tamiz de seda*, para bonitos enlucidos y molduras que han de pintarse.

Los residuos que deja el paso del yeso al saco se los emplea mezclados con otro yeso para obras ordinarias.

La *flor de yeso (yeso á la paleta)*, de polvo más fino que el pasado por el tamiz, se obtiene echando el yeso sobre una paleta, á la que se pega la flor fácilmente. Se le emplea para repasar las molduras, es decir, para tapar pequeños agujeros y perfeccionar las aristas.

El peso de un metro cúbico de yeso varía de 1.200 á 1.600 kilogramos. El yeso amasado con agua tiene una resistencia á la compresión de 5 kilogramos por centímetro cuadrado; amasado con lechada de cal resiste hasta $7^{kg},3$.

El yeso se obtiene de las canteras de Montmartre, Pantin, Menilmontant, Charonne, Montreuil, Clamart, Villejuif, etc.; el de Pantin es el más estimado.

El precio del yeso varía en Francia de 16 á 17 francos los 40 sacos; en París, el derecho de impuesto es de 1,20 francos por metro cúbico. El yeso colado se vende en París á 18,70 francos el metro cúbico; el saco de yeso tamizado al cesto vale 47 céntimos de franco, y el sáco de yeso tamizado con cedazo vale 52 céntimos de franco.

Generalmente, el precio del yeso en Madrid es: el negro, tosco, á 7 pesetas cahíz; cernido, 7,50; blanco, 1,50 quintal.

La composición media de los yesos es de 80,80 partes de sulfato de cal para 5,25 de carbonato de cal, 2,80 de carbonato de magnesia, 1,50 de alúmina y peróxido de hierro, 4,06 de residuo insoluble, 5,06 de agua, etc.

Al solidificarse el yeso aumenta próximamente 1/100 de su volumen; su fuerza de expansión es muy grande. El hinchamiento del yeso se aprovecha para deshacer mamposterías, llegando hasta hacer estallar las piedras puestas en ciertas condiciones. En un suelo ó techo tabicado con yeso, esta fuerza de expansión

aprieta y sujeta las vigas de tal modo que todo forma una sola pieza.

El yeso es muy apropiado para el modelado, porque llena los menores intersticios de los moldes.

Amasando yeso con ocre amarillo resulta un color de piedra; el ocre pardo ó rojizo le da un tono de ladrillo; el ocre amarillo y un poco de negro le dan el tono del granito.

Para los tubos de chimenea se ha empleado desde largo tiempo el yeso, pero las grietas que se producen hacen preferible el ladrillo.

Puesto el yeso en contacto con el hierro, le oxida por la acción de su ácido sulfúrico; es, pues, preferible emplear lo menos posible el yeso para recibir los empotramientos de vigas, y sobre todo en sitios donde no pueda secar pronto.

En los países en que el yeso es caro se hace una mezcla de una parte de mortero de yeso y tres de mortero de cal, lo que da un producto aplicable para enlucidos exteriores. Para un enlucido que deba secarse pronto se añade una parte de arena para dos de yeso en polvo. Este enlucido conviene para fuertes espesores, para las primeras cargas destinadas á recibir las cornisas y para enlucir los canecillos. Para las cornisas se emplea el estuco de yeso, compuesto de tres partes de cal recientemente apagada, una de arena y cuatro de mortero de yeso.

El *yeso con alumbre* adquiere secándose una dureza por lo menos igual á la piedra calcárea (véanse sus aplicaciones á los enlucidos en el tomo VIII).

Cascote de yeso.—Los cascotes de yeso son los restos producidos por la demolición de tabiques de yeso y macizos, de suelos ó cielos rasos, etc. La demolición de antiguas cajas y conductos de chimenea produce cascotes negros que no conviene emplear para ciertos trabajos, porque el hollín de que están impregnados pasa á través de los enlucidos y los mancha.

Se utilizan los cascotes para obras ligeras, tales como tabicado de suelos y techos, rellenos de canecillos, muros de cerramientos. Dan una fábrica bastante más ligera que la de mampuestos, pero sin solidez. Los cascotes sin manchas ni salitre se venden á 6,60 francos el metro cúbico; para macizos, los cascotes de tabicado de yeso cuestan á 17 francos metro cúbico.

Endurecimiento de las piedras blandas.—*Silicatización.*—El enlucido ó baño vítreo, ó vidrio soluble de Fuchs, se compone de 10 partes de potasa cocida, 15 de cuarzo pulverizado y 1 de carbón fundidas en un crisol; después coladas, enfriadas, pulverizadas y mezcladas entonces con 5 veces su peso de agua hirviendo. Si se aplica esta disolución sobre un cuerpo, seca rápidamente al aire, dejando una superficie plana vítrea, que resiste al ácido carbónico y á la humedad.

Kuhlmann ha empleado el silicato de potasa soluble para endurecer las piedras; el silicato de sosa produce eflorescencias desagradables. La disolución silícea es de 35 grados en una vez y media su volumen de agua. Esta disolución es absorbida por las piedras porosas; se las da una nueva capa cada veinticuatro horas, hasta que la piedra no absorba más. Entonces los poros se han rellenado de ella.

Para una piedra mediana es preciso 1^{k},500 de disolución silícea por metro cuadrado.

Los inconvenientes de los silicatos son: la persistencia de sales solubles en el interior de la piedra (que acaban por salitrarlas y sirven de pasto á los musgos parásitos) y la formación de un barniz superficial que detiene el agua, produciéndose la degradación por la helada. Se obvia esto revocándola con ácido hidrofluosilícico, que forma los álcalis de las sales insolubles; pero éstos acaban por descomponerse en presencia del carbonato de cal y los productos de esta descomposición vuelven á hacerse solubles. No hay, pues, endurecimientos.

Los fluosilicatos solubles, en que los óxidos y los carbonatos son insolubles, no presentan estos inconvenientes. Cuando se impregna una caliza blanda de fluosilicato de magnesia, de alúmina, de zinc ó de plomo, se produce un desprendimiento de ácido carbónico que es reemplazado por el ácido fluosilícico. Los óxidos ó las sales formadas ó puestas en libertad son insolubles, llenan todos los poros de la piedra y la transforman en dura. No hay en este caso barniz superficial.

Fluatación (procedimiento Faure y Kessler).—La fluatación es muy recomendable. Se recubre la superficie con una pasta formada por agua y polvo procedente de la piedra blanda; se impregna de fluosilicato. La pasta y la piedra se endurecen; todos los poros de la superficie están tapados, y se la puede dar un pulimento como el de la piedra dura. Es preciso proceder progresivamente, empezando por líquidos muy extendidos sobre superficies bien secas, á fin de evitar que el desprendimiento muy rápido del ácido carbónico durante la reacción no levante ni desprenda el polvo de la piedra que se trata de endurecer. Empleando fluosilicatos coloreados, como los de cobre, de cromo, de hierro, etcétera, la piedra se colorea en su interior por la formación de compuestos insolubles.

Se puede así obtener con poco gasto efectos decorativos parecidos á los del mármol.

Se puede emplear el negro de humo, el azul de Prusia y todo color que resista á los ácidos. Los pardos y amarillos parduscos resultan por los fluosilicatos de hierro y de magnesia; el azul verdoso por los fluosilicatos de cobre; el verde gris, por los fluosilicatos de cromo; el violeta, por los fluosilicatos de cobre impregnados de cianuro amarillo.

En fin, el amarillo se obtiene por los fluosilicatos de plomo ó de zinc, empapados de cromato y de ácido crómico, y los negros se obtienen por el fluosilicato de cobre ó de plomo, y después por un lavado con sulfhidrato de amoníaco.

Impermeabilización. — La impermeabilización ó la obstrucción completa de una piedra se obtiene por un enlucido compuesto de 1 litro de esencia de petróleo y de 75 gramos de cera blanca.

Se funde la cera, y cuando empieza á enfriarse se vierte sobre ella el petróleo. Se calienta al baño maría la pintura en el momento del empleo para liquidarla.

Se pueden también enlucir las piedras con parafina ó cera fundida.

En fin, se ha empleado un enlucido de albayalde y de litargirio puesto en seco.

La *fosfatación* y la *parafinación* se han empleado sin gran éxito para preservar las piedras.

Endurecimiento del yeso.—El yeso se hace más consistente agregándole cola. Se endurece el yeso agregándole 1/16 de volumen de alumbre y 1/16 de sal amoníaco ó amoníaco muriatado.

El *procedimiento Julhe* consiste en mezclar íntimamente 6 partes de yeso con 1 de cal grasa recién apagada y finamente tamizada. Esta mezcla se emplea como el yeso ordinario. Cuando está bien seco, se empapa el objeto confeccionado con una solución de sulfato de hierro ó de sulfato de zinc. La cal contenida en el yeso descompone el sulfato, con producción de dos cuerpos insolubles, un sulfato de cal y un óxido. Con el sulfato de zinc, el objeto conserva el color blanco del yeso; con el sulfato de hierro, el objeto toma el color oscuro del sesquióxido de hierro. El sulfato de hierro da al yeso una superficie muy dura y muy resistente.

Para endurecer el yeso se emplea también la *oleosilvina*, líquido que tiene la consistencia del barniz, que se aplica con pincel y penetra en el espesor del yeso hasta $0^m,003$ y $0^m,006$.

La *marmolina* (Eug. Luce), otro líquido, se aplica de la misma

manera; el metro cuadrado endurecido cuesta 0,55 francos; la marmolina endurece la madera y la hace impermeable; este producto se divulga de día en día, y puede endurecer los yesos, piedras y cementos.

Cal.—La cal pura es el protóxido de calcio; es blanca, cáustica; ataca las materias orgánicas. Su densidad es 2,30.

La cal se combina con el agua, desprendiendo mucho calor. La operación por la que se combina la cal con el agua se llama *apagar la cal*, y la cal hidratada que se obtiene toma el nombre de *cal apagada*, para distinguirla de la *cal anhidra*, que se llama *cal viva* ó *cáustica*. Hidratándose la cal, *cunde*, es decir, aumenta considerablemente de volumen. Si la cantidad de agua no es demasiado grande, se obtiene cal monohidratada, que queda bajo la forma de un polvo blanco, fino, suave al tacto. Añadiéndola mayor cantidad de agua la cal queda en suspensión cuando se agita, y así se obtiene una *lechada de cal*.

La cal se disuelve en próximamente 700 veces su peso de agua á 15° y en 1.270 veces á la temperatura de la ebullición. La disolución toma el nombre de *agua de cal*.

La cal viva expuesta al aire absorbe rápidamente el agua y el ácido carbónico de la atmósfera; se desmorona, es decir, se deshace en polvo y no se calienta más cuando en seguida se la moja con el agua.

La cal se obtiene calcinando en *hornos á propósito* las piedras naturales que contienen el carbonato de cal. El ácido carbónico se desprende y queda la cal en el crisol. La cocción de la cal se facilita por la presencia del vapor y el paso de una masa de aire considerable en el horno.

Cuando la piedra caliza no ha sido completamente descompuesta por el calor, y retiene aún ácido carbónico, estos productos, llamados *huesos*, no se aprecian lo mismo que la cal propiamente dicha. Estos huesos ó cales imperfectas (véase pág. 68)

son los que producen las degradaciones de juntas, caídas, eflorescencias, empujes y accidentes diversos.

Una calcinación muy fuerte produce la vitrificación de una parte de los productos.

Las piedras de cal hacen efervescencia con los ácidos; un puntero de hierro basta para rayarlas.

Cal grasa.—La cal grasa proviene de la calcinación del mármol y de las calizas exentas de arcilla que contengan menos de 1/10 de materias extrañas. Ordinariamente es blanca, susceptible de aumentar dos ó tres veces su volumen al ser apagada. Se calienta mucho; forma una pasta untuosa al tacto. Al formar con ella los morteros, y una vez puesta en obra, el ácido carbónico del aire vuelve á combinarse con la cal, endureciéndola y haciendo que forme un solo cuerpo con las piedras con quienes está en contacto. La arena, formando mortero con la cal, sirve para aumentar su permeabilidad y favorece su combinación con el ácido carbónico. Las partes de mortero en contacto inmediato con el aire se transforman completamente en carbonato de cal; las partes interiores pasan al estado de una combinación de carbonato é hidrato de cal que adquieren mucha dureza, porque la evaporación del agua no existe á causa de la formación de una capa exterior de carbonato de cal, que constituye una envolvente impermeable. Es preciso mucho tiempo para que tenga completo efecto esta conversión; al cabo de un gran número de años, la cal existe aún en estado de hidrato en el interior de algunos muros.

No hace falta emplear estos morteros en el macizo central de las construcciones de mucho espesor, donde no fraguarían nunca, y debe evitarse su empleo en lugares húmedos ó subterráneos.

Las cales, al secarse, experimentan una contracción. Para evitar este efecto se mezcla con ellas arena bien lavada, en la pro-

porción de tres á cuatro partes de ésta por una de aquélla, interponiendo entre las piedras que se tratan de unir una pequeña capa de esta mezcla, llamada mortero, en la que obrando el ácido carbónico del aire la endurece al cabo de algún tiempo. Para facilitar el endurecimiento del mortero no debe emplearse en capas de mucho espesor ni las piedras deben estar demasiado secas, porque entonces absorberían el agua del hidrato, produciéndose un endurecimiento demasiado rápido y no adquiriría el mortero toda su resistencia. Por esta razón se moja la superficie de las piedras que están demasiado secas antes de asentarlas con mortero.

El volumen de la cal grasa aumenta por la extinción á lo menos un cuarto de su volumen primitivo, á menudo dos veces y media y algunas hasta tres y cuatro. Se la emplea para las fábricas ordinarias; pero es preciso abstenerse de su empleo en obras hidráulicas ó subterráneas, en razón á que en dichas condiciones no fragua más que de un modo imperfecto.

La cal grasa se combina rápidamente con una cuarta parte de su peso de agua.

Expuesta la cal al aire, se apaga con desprendimiento de calor, reduciéndose á polvo impalpable. El hidrato de cal obtenido puede aún absorber gran cantidad de agua, pero sin que haya combinación ni desprendimiento de calor. Con este exceso de agua se forma la parte de cal que conviene esté algo clara para que al mezclarla con la arena para la confección del mortero no se haga preciso añadir más agua.

Cuanto más grasa es la cal son mayores sus propiedades cáusticas, por lo que debe evitarse ponerla en contacto de las manos de los operarios.

Cal magra ó árida.—Cuando la caliza sometida á la cocción contiene 10 á 20 por 100 de materias extrañas (arena cuarzosa, óxidos de hierro y manganeso, carbonato de manganeso),

la cal que resulta se llama árida; desarrolla poco calor cuando se la pone en contacto del agua, aumenta menos de volumen que la cal grasa y no forma pasta tan untuosa al tacto como aquélla. Se endurece en el aire al cabo de algún tiempo y en el agua se desagrega completamente. A falta de otra se la emplea para los mismos usos que la cal grasa. Es de color gris oscuro.

Cal hidráulica.—Si la materia extraña que contiene la caliza es arcilla ó sílice en un estado de división, y que su proporción se eleve al menos al 10 ó 15 por 100 del peso de la caliza, la cal resultante no se hincha ó se hincha muy poco y no desarrolla calor por la extinción, pero fragua bajo el agua (mientras que las dos precedentes se disuelven) del segundo al cuarto día de inmersión, con tal que no haya sido calcinada demasiado. No toma en el aire más que una mediana consistencia; bajo el agua al cabo de un mes se endurece, al cabo de cinco meses es tan dura como la piedra caliza y se quiebra por la acción del choque.

La hidraulicidad de esta cal es debida á que durante la cocción de la caliza se verifica una combinación química entre la cal y la sílice dividida que contiene. Es preciso para esto que la sílice esté reducida á un estado de tenuidad extrema. Las cales hidráulicas son blancas, algunas veces verdosas. Con una mezcla de cuatro partes de creta y una de arcilla se fabrican ladrillos que luego se cuecen.

La arcilla y la sílice desagregada no son las únicas materias que comunican á la cal propiedades hidráulicas. La magnesia produce en menor grado un efecto semejante. El carbonato de cal mezclado con la cal la hace adquirir propiedades débilmente hidráulicas.

La cal hidráulica apagada contiene, como la cal grasa, una cierta cantidad de agua, y por la adición de la misma se forma una pasta que expuesta al aire se solidifica, absorbiendo menos

ácido carbónico que la cal grasa y reteniendo, lo mismo que ésta, una cierta proporción de agua.

Cocción de la cal.—La piedra de cal se cuece en hornos de fuego continuo ó discontinuo, empleando hulla ó leña. La figura 29 presenta un horno continuo y la figura 30 un horno intermitente.

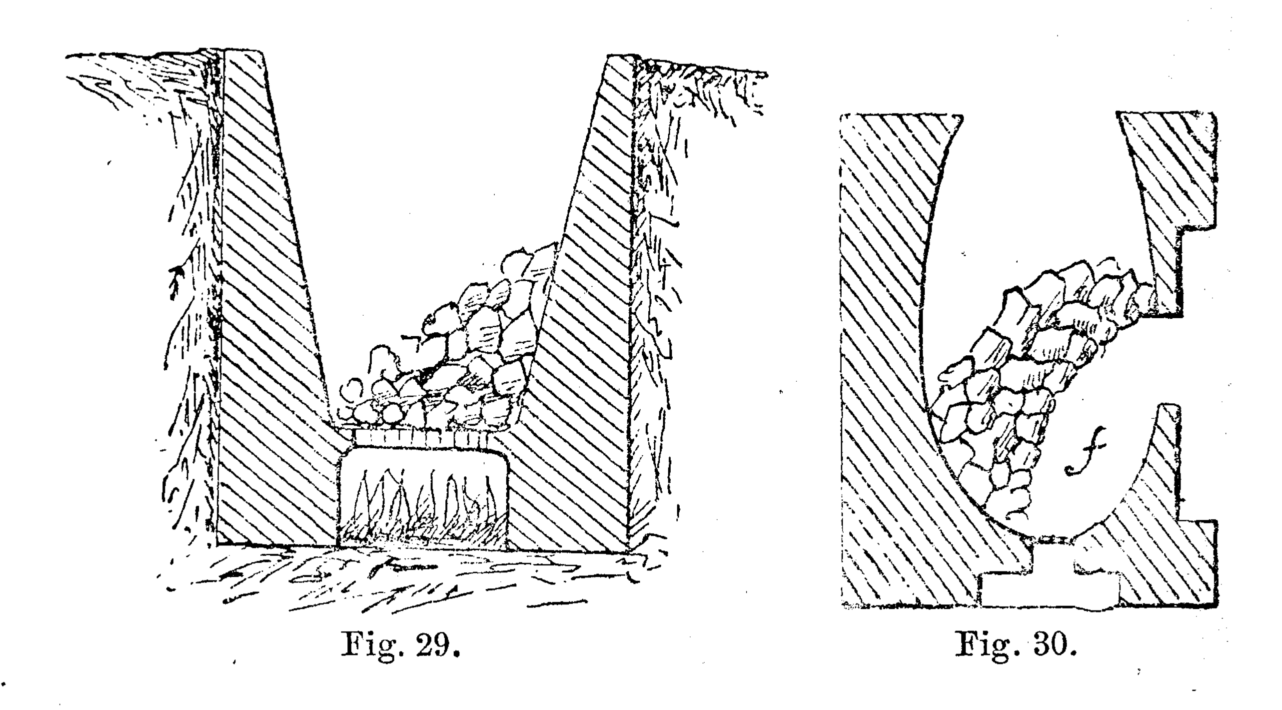


Fig. 29. Fig. 30.

La cocción dura de veinticuatro á treinta y seis horas; se queman 1,50 á 2,25 hectolitros de hulla ú 800 kilogramos de leña por cada metro cúbico de caliza. La cal se vende de 17 á 19 pesetas el metro cúbico. La hidráulica en polvo de Zumaya se vende en fábrica á 1,50 pesetas el saco de 69 kilogramos, ó sea de 22 á 23 pesetas el metro cúbico.

Los hornos de cal son cilíndricos, cónicos con la base dirigida unas veces hacia arriba y otras hacia abajo, elipsoidales, etc. Su altura varía de 3 á 20 metros.

El consumo de combustible varía de 110 á 120 kilogramos por tonelada de piedra.

Desde hace varios años se ha ensayado sustituir á la cocción di-

recta por el carbón ó cok mezclado con la piedra caliza la cocción por el gas producido en gasógenos colocados al lado de los hornos. Algunos de éstos, sistema Fichet y Heurtey, han obtenido en 1895 una economía de un 40 por 100; el gasógeno está alimentado por el cok. Con la piedra dura se puede obtener una cocción perfecta, no gastando más que 60 kilogramos de carbón por tonelada de piedra y 70 kilogramos para la cocción de la tonelada de piedra blanda.

Con pequeños hornos de fuego continuo de 1,50 de diámetro en la boca y 4,50 á 5 metros de altura, que suministren 25 metros cúbicos de cal por día, se puede obtener 1 metro cúbico de cal, con un gasto de 14 pesetas 50 céntimos, comprendido gastos de construcción del horno, etc.

Composición de las cales (según Berthier).

Cal grasa de Château-Landon	96,40 de cal pura. 1,80 de magnesia. 1,80 de arcilla (sílice y alúmina).
Cal árida no hidráulica de Coulommiers.	78,00 de cal pura. 20,00 de magnesia. 2,00 de arcilla (sílice y alúmina).
Cal medianamente hidráulica de Saint-Germain	89,00 de cal pura. 1,00 de magnesia. 10,00 de arcilla (sílice y alúmina).
Cal muy hidráulica de Senonches	70,00 de cal pura. 1,00 de magnesia. 29,00 de sílice.
Cal árida no hidráulica de Brest.	82,30 de cal pura. 10,00 de óxido de hierro. 7,70 de arcilla (sílice y alúmina).
Cal hidráulica de Zumaya, España	67,30 de carbonato cálcico. 0,70 de carbonato magnésico. 3,30 de anhidrido férrico. 16,60 de sílice. 9,40 de alúmina. 2,70 de arena, agua y pérdidas.

El índice de hidraulicidad de la cal de Zumaya es:

$$\frac{16,60 + 940}{67,30 \times 0,56} = 0,70;$$

entendiéndose por *índice de hidraulicidad* el número abstracto que mide la energía ó grado de hidraulicidad de una cal, y que es la relación que existe entre las cantidades en peso de arcilla y cal cáustica que contiene la cal. El cemento de Zumaya tarda en fraguar una hora y diez minutos si se emplea recién fabricado, dos horas si han transcurrido seis meses desde su fabricación y tres cuando ha transcurrido un año.

La magnesia y el óxido de hierro hacen á la cal árida, pero no hidráulica, y la sílice pura ó mezclada de alúmina la comunica dicha propiedad.

Las cales áridas no hidráulicas no se transforman en cal hidráulica por la arcilla y la acción del fuego; para comunicarlas esta propiedad se emplea la puzolana ó el cemento hidráulico, obtenido por la calcinación de arcillas calizas.

Con las cales hidráulicas que contienen la arcilla hasta el límite se hacen excelentes morteros que se endurecen rápidamente; pero para que todas las moléculas de la cal sean atacadas por el agua en el momento de su extinción, se pulverizan estas cales-límites.

Cales-límites y cementos.—Cuando las calizas contienen una proporción de arcilla de más de 20 por 100, la cocción no las transforma generalmente en cal. Los productos que se obtienen son de dos clases: 1.° Unos, echados en el agua al salir del horno, se mantienen muchos días sin apagarse y se reducen á polvo sin efervescencia; pulverizados á la salida del horno y amasados fraguan desde luego, pero se resquebrajan ó convierten en lodo cuando se los sumerge en el agua. Vicat ha llamado á estos productos *cales-límites* ó *límite de las cales*, porque la can-

tidad de arcilla que los caracteriza es el límite superior de lo que constituye las cales eminentemente hidráulicas, es decir, 20 y 23 de arcilla por 100 de caliza margosa, que es la composición de estos productos.

2.° Los productos de esta clase, llamados *cementos*, contienen los principios necesarios para tomar un endurecimiento rápido (véase más adelante).

Si se trata una caliza por el ácido clorhídrico y toda la masa se disuelve, dicha piedra convenientemente calcinada producirá cal grasa; si deja un producto insoluble, la cal será árida; para saber si es hidráulica se cocerá una muestra de piedra, y si el residuo es insoluble hay una probabilidad de que la cal sea hidráulica; ahora bien, si dicho residuo es una arena grosera, la cal no vale nada.

Cal hidráulica artificial.—*Procedimiento de simple cocción.*—Se mezcla carbonato calizo débil (creta, toba, margas), y reducido á polvo, con un caldo arcilloso que contenga esta sustancia en las proporciones que den á la cal el grado de hidraulicidad exigido. La mezcla se corta luego en fragmentos y se la somete á la cocción.

El procedimiento de *doble cocción* consiste en mezclar la cantidad conveniente de arcilla á la cal grasa apagada y reducida al estado de pasta, y someter luego la mezcla, después de reducida á fragmentos, á una segunda calcinación; se emplea este procedimiento cuando las calizas que hayan de emplearse sean muy difíciles de pulverizar, como no sea después de cocidas.

Según Vicat, las cales ordinarias muy grasas pueden admitir 20 de arcilla por 100 de cal; las cales medias de 15 á 10 por 100, y 6 partes de arcilla son suficientes para las que ya gozan de alguna propiedad hidráulica. Cuando se esfuerza la dosis de arcilla anhidra hasta 30 ó 44 de cal viva ó cáustica el producto que se obtiene no se apaga, pero se pulveriza fácilmente y da una pasta

Clasificación de las cales, cementos y puzolanas.

PRODUCTOS	PROPORCIONES MEDIAS		Grado de hidraulicidad ó relación de la arcilla á la cal cáustica.	Duración del fraguado en el agua.	OBSERVACIONES
	De cal.	De arcilla.			
Cal grasa ó ácida......	100	0	0,00 á 0,10	»	Soluble en el agua.
Idem débilmente hidráulica............	90	10	0,10 á 0,16	20 días.	Comienzan á endurecerse á los 15 días muy lentamente; después de 6 meses se disuelven todavía en el agua pura, aunque difícilmente.
Idem medianamente hidráulica.........	82	18	0,16 á 0,31	15 días.	
Idem bien hidráulica....	80	20	0,31 á 0,42	de 6 á 8 días.	Al cabo de 6 meses tienen consistencia de piedra blanda.........
Idem hidráulica ordinaria.	74	26			
Idem eminentemente hidráulica.........	70	30	0,42 á 0,50	de 2 á 4 días.	Dura al cabo de un mes; al cabo de 6 meses su fractura es parecida al cuarzo.
Cales-límites........	65	35	0,50 á 0,65	»	Fragua instantáneamente, no endureciéndose más; después de algunas horas de haber fraguado suele desmoronarse, no aprovechando para nada.
Cementos-límites inferiores	60	40	0,65 á 1,20	»	Fraguado persistente; se unen mejor á la arena que los cementos más áridos.
Idem ordinarios.......	50	50	1,20 á 3,00	»	
Idem límites superiores...	27	73			
Puzolanas..........	10	90	3 ó menos.	»	
Arcilla pura........	0	100	»	»	

que forma cuerpo con el agua y tiene todas las propiedades de una cal eminentemente hidráulica.

Las cales hidráulicas artificiales obtenidas por este procedimiento son homogéneas y contienen cal cáustica, un poco de carbonato de cal, silicato de cal y óxidos metálicos. Se queman 800 kilogramos de leña para producir 1 metro cúbico de cal.

Señales ó indicios de una buena cocción.—La cal viva, para estar en un grado de cocción conveniente, debe apagarse pronta y completamente en el agua. Si está muy calcinada tarda un día ó dos después de echarla en el agua para sufrir por completo su extinción. Las buenas cales no deben contener ninguna materia extraña, ni huesos ó piedras de otra procedencia.

Las buenas cales hidráulicas se reconocen por su ligereza, por su consistencia gredosa y por la efervescencia que hacen en el agua cuando no han sido todavía aireadas. Cuando son toscas, compactas, ligeramente vitrificadas en sus aristas y permanecen mucho tiempo inactivas después de la inmersión, es señal que se ha pasado del grado conveniente á una buena cocción. Si se apagan superficialmente, dejando un núcleo central sin apagarse, es señal de que la cocción ha sido incompleta.

Las piedras calizas pierden por la calcinación 0,45 de su peso, por la evaporación del agua y del ácido carbónico que contienen, y la disminución en volumen es algo menor, evaluándose en 0,1 á 0,2 del volumen primitivo.

Procedencia de la cal.—Las cales son muy abundantes en España, razón por la cual es imposible reseñar las que se aplican en las diferentes provincias; por consiguiente, sólo se indicarán las que ordinariamente se emplean en Madrid y algunas otras de uso corriente.

En Madrid se emplea para las construcciones la cal grasa procedente de la Alcarria; las calizas de que provienen son muy puras, resultando de su calcinación una cal en extremo untuosa y cuyo entumecimiento es de 2 veces su volumen; en las obras que

requieren una cal medianamente hidráulica se usa con buen resultado la de Valdemorillo, cerca del Escorial, que viva y en terrón, del tamaño del puño, tiene por densidad 0,872; 1 metro cúbico de cal viva se convierte en 1,59 de cal apagada en polvo finísimo. Estas son las dos cales más empleadas, por más que hay otras varias de diferentes procedencias que sirven para la construcción en la capital. Existen cales hidráulicas de superior calidad en Guipúzcoa, Gerona, Badajoz, Jaén, etc., y las extranjeras que más se aplican, generalmente en obras públicas, son las de Theil (Ardèche), Montelimar (Drôme) y San Quintín. Para conservar la cal es preciso colocarla al abrigo de la intemperie bajo un cobertizo, ó mejor en cajas ó toneles herméticamente cerrados, pudiéndose conservar en esta forma un año y aun más.

Apagado de la cal.—1.º *Apagado por fusión ú ordinario.*— Se pone la cal en una alberca con la cantidad de agua conveniente y se agita para reducir el todo á pasta. Es necesario para las cales grasas que el agua se eche de una sola vez, y en caso de tener que añadir más agua es necesario esperar á que se enfríe la pasta para añadirla.

No debe anegarse la cal en una gran cantidad de agua y dejar escurrir ésta una vez terminada la extinción; cuando esto se hace la cal resulta ahogada.

En los grandes trabajos, los estanques ó albercas se hacen de mampostería; en trabajos de menos importancia se les construye con tablones sujetos por clavijas de hierro ó por piquetes de madera, tomando las juntas de los tablones con arcilla ó yeso.

Cuando la cal ha de conservarse después de apagada, se la recubre con esteras ó con una capa de arena, que se humedece con frecuencia.

2.º *Apagado por el procedimiento de fusión apropiado á la cal hidráulica, según Vicat.*—La cal hidráulica tomada viva, en piedra, se echa en una alberca impermeable y se va extendiendo

por capas de igual espesor (20 á 25 centímetros), que se van regando al paso que se extienden. La efervescencia apenas tarda en manifestarse; se continúa echando alternativamente cal y agua, pero guardándose bien de agitar la mezcla y de reducirla á lechada; cuando algunas partes de la cal están ya secas, se conduce el agua por regueras que se hacen en la pasta con la pala; al fin de cada día es ya completo el apagado, teniendo así cal preparada para veinticuatro horas de trabajo.

La cal así apagada está completamente dura al día siguiente, haciendo falta el azadón ó la pala para extraerla de la balsa. Si en lugar de tener cal hidráulica viva ésta ha sufrido ya la inmersión, las albercas son inútiles; la reducción á pasta se va haciendo á medida que se necesita para el consumo; se regula la dosis de agua de manera que llegue á tomar el mismo grado de consistencia que el obtenido por el otro procedimiento.

3.° *Extinción seca por inmersión ó aspersión.*—Se sumerge la cal en el agua en pequeños pedazos dentro de un cesto de mimbres, teniéndola sumergida durante unos segundos y retirándola prontamente y antes que se forme pasta; al extraerla del agua silba, rompiéndose con ruido, despidiendo vapores calientes y reduciéndose á polvo. Se llega al mismo resultado por la aspersión del agua, que se hace por medio de una regadera sobre la cal viva depositada sobre una era en una capa de 0,10 á 0,15 de espesor. Es conveniente amontonar inmediatamente la cal para concentrar el calor desarrollado, facilitando así su reducción á polvo. La cal ya no se calienta cuando se la añade más agua, reteniendo este líquido en cantidad de 18 á 20 por 100 si la cal es grasa y de 20 á 30 por 100 si es hidráulica.

La forma pulverulenta que resulta por este procedimiento permite transportar la cal al lugar de su empleo en sacos ó barriles.

4.° *Apagado por aspersión.*—Se pone la cal viva en una alberca circular que se forma con arena, echando sobre ella la can-

tidad de agua necesaria para que quede reducida á pasta y cubriéndola en seguida con la arena, sin agitarla ni batirla con ésta hasta que la fusión se haya operado por completo. Con la cal grasa se produce un desprendimiento de calor que facilita el apagado, que tiene completa terminación al cabo de dos ó tres horas.

5.° *Apagado espontáneo.*—Si se somete la cal viva á la acción lenta y continua de la atmósfera, absorbe la humedad del aire, transformándose en hidrato de cal. Este hidrato contiene 0,22 de su peso de agua, y por lo tanto, añadiéndole una cierta cantidad de este líquido se forma una pasta propia para la confección del mortero. Este procedimiento, muy poco empleado para las cales hidráulicas, conviene, sin embargo, aplicarlo á las cales grasas.

La extinción ó apagado por inmersión ó aspersión debe preferirse para las cales grasas, resultando un aumento de cerca de 2/3 para la confección del mortero resultante; pero el precio de estos últimos aumenta en razón directa de la cantidad de cal viva que se emplee para un volumen igual de pasta. Las cales hidráulicas *conviene* apagarlas por el procedimiento de fusión, con lo que se aumenta la cohesión de los morteros, poco apreciable en los casos en que la obra esté expuesta al aire, pero que se eleva á 1/5 en los casos en que la obra esté constantemente bajo el agua.

Entumecimiento.—Cien kilogramos de cal grasa pura y muy viva producen $0^{m3},24$ de pasta; pero si la cocción data de algún tiempo ó la cal no es muy pura, esta cifra puede reducirse á $0^{m3},18$.

Las cales comunes muy grasas, apagadas por fusión en balsas, producen hasta dos ó más veces su volumen; las áridas comunes no alcanzan más que 1,30 ó 1,20 de dicho volumen.

Por cada metro cúbico de cal viva medido al pie de obra el volumen, después del apagado por el método de fusión, varía entre

SEGÚN VICAT	Cal.	Magnesia	Sílice.	Alúmina.	Peróxido de hierro.	Principios inertes.	Indice de hidraulicidad.	Cantidad de sílice por 1 de alúmina.
Cales naturales.								
Cal de Theil (Ardèche), primera calidad..	68,641	0,612	26,069	4,378	indicios.	»	0,45	5,25
Cal de Theil (Ardèche), segunda calidad..	77,760	0,541	20,573	1,126	indicios.	»	0,28	12,34
Cal de Sassenage (Isère)..	71,939	0,507	33,609	3,893	indicios.	»	0,39	5,36
Idem de Paviers (Indre-et-Loire)..	70,850	0,476	18,261	4,997	indicios.	0,476	0.33	3,34
Idem de Doué (Maine-et-Loire)..	75,894	0,502	11,174	3,828	2.134	5,649	0,20	2,58
Idem de Blancafort (Cher)..	66,410	0,31	23,84	8,44	indicios.	»	0,50	2.44
Idem de Emondeville (Manche)..	78,400	3,93	11 00	3,67	3,00	»	0,24	1,45
Idem de Grenoble (Isère)..	84,220	»	7,23	4,56	0,95	3,04	0,14	1,58
Cales artificiales de arcillas ordinarias.								
De simple cocción..	71,840	»	19,21	8,95	indicios.	»	0,39	2,14
Idem..	69,130	»	20,85	10,02	indicios.	»	0,44	2,08
Cales eminentemente silíceas.								
De simple cocción..	69,440	»	30,56	»	indicios.	»	0,44	»
De doble cocción..	69,440	»	30,56	5,00	indicios.	»	0,44	»
Idem..	69,920	»	25,06	»	indicios.	»	0,43	5,01
De simple cocción..	69,920	»	25,06	5,00	indicios.	»	0,43	5,01
Cal grasa hecha hidráulica por la adición del cemento..	69,500	»	16,65	6,90	3,31	3,64	0,34	3,40

1,24 para la cal hidráulica de Theil (Pavin de Lafargue) y 2 para la de la Hève.

La cal apagada por aspersión y reducida á polvo, al transformarla al estado de pasta para la fabricación del mortero, sufre una contracción que varía entre $0^{m3},62$ y $0^{m3},80$ de pasta por cada metro cúbico de cal en polvo.

El **grado de hidraulicidad** de la cal se determina poniéndola previamente apagada en un vaso y cubriéndola de una cantidad de agua igual á 1/3 de la profundidad del recipiente elegido para el ensayo; si la cal es de buena calidad, debe fraguar á los ocho ó diez días de su inmersión en el agua y adquirir en ese tiempo una dureza tal que soporte sin depresión una aguja de 1,2 milímetros de diámetro, limada en forma de cuadrado su extremidad inferior y cargada en la otra de un plomo de $0^{k},30$.

Adición de azúcar al mortero.—En la India se suele emplear jugo de caña de azúcar mezclado con el agua para la confección del mortero de cal, especialmente en los muros de obras monumentales que hayan de estar sometidos á grandes presiones. La adherencia entre las piedras y el mortero así fabricado es tal que puede decirse que forman un solo bloque homogéneo.

Puzolanas.—Las puzolanas son productos naturales ó artificiales que al mezclarse con la cal forman compuestos hidráulicos.

Las puzolanas naturales son lavas volcánicas compuestas de sílice, alúmina y peróxido de hierro, apareciendo también en su composición la magnesia, cal, potasa, sosa, etc. En los antiguos volcanes de la Auvernia y Vivarais se encuentran en abundancia estos productos.

Estas puzolanas contienen de 50 á 90 de arcilla por 40 á 10 de cal. En su estado natural, y aun después de calcinadas previamente, contienen silicato de cal; reducidas á polvo resulta éste

tan árido que su mezcla con el agua se consigue difícilmente, circunstancia perfectamente explicable por ser muy escasa la cantidad de cal libre que contienen.

Aun las puzolanas cuyo fraguado bajo el agua se afectúa en veinticuatro horas no tienen otra aplicación que la de mezclarlas con las cales grasas.

Es muy raro que los silicatos dobles de alúmina y cal se empleen solos; siempre se emplean mezclados con arena y guijarros, como ganga del aglomerado que trata de formarse con ellos.

En los trabajos de agua dulce, 18 kilogramos de cal grasa mezclados con 100 de una puzolana compuesta de 64 partes de sílice y 26 de alúmina forman una pasta de buenos resultados. Puede rebajarse la cantidad de cal según la riqueza de principios activos que contenga la puzolana que haya de mezclarse con ella.

La coloración de la puzolana varía, siendo las diferentes coloraciones, según su procedencia, blanca, negra, amarilla, gris, morena y violeta; la de Roma es de un color rojo oscuro, con algunas partículas de un brillo metálico. Las mejores puzolanas proceden de Italia (Civita Vecchia, Livourne, Pozzuoli), de Santorín (Grecia, gris ceniza), de las montañas de la Auvernia y de Rachgoun (Argelia).

Se encuentran también arenas con algunas propiedades puzolánicas, cuando se las ha sometido previamente á una ligera torrefacción, en los alrededores de Brest y en la Baja Bretaña. Cerca de Saint-Astier, entre Perigueux y Mucidan (Dordogne), se encuentra una arena cuarzosa de granos desiguales mezclados de arcilla morena ó amarilla en proporción variable de 1/2 á 3/4 del volumen total, y cuyas cualidades puzolánicas son muy pronunciadas.

Ciertas rocas anfibólicas ó dioritas descompuestas gozan también de propiedades puzolánicas (alrededores de Châteaulin y de Saint-Servan); una cocción moderada aumenta su energía.

Composición de algunas puzolanas (según Vicat).

PUZOLANAS	PRINCIPIOS ACTIVOS					CARBONATOS		Peróxido de hierro.	Materias inertes..	Principios solubles y volátiles..
	Cal..	Magnesia..	Sílice..	Alúmina..	Total..	De cal..	De magnesia			
1.º *Volcánicas.*										
Hojosa de San Pablo (Roma).....	8,80	4,70	45,00	14,80	73,30	»	»	12,00	»	14,70
De Nápoles, morena..........	8,96	»	24,50	15,75	49,21	»	»	16,30	20,00	7,63
Idem gris..............	9,47	4,40	42,00	15,50	71,37	»	»	12,50	2,50	13,64
Idem llamada de fuego........	»	»	33,67	14,73	48,40	19,67	6,83	9,47	7,30	8,92
Strass del Rhin (toba volcánica)...	2,33	1,00	46,25	20,71	70,29	»	»	5,59	8,57	15,55
De Bessan (Herault), morena.....	8,70	»	38,50	18,35	65,55	»	»	14,90	4,50	15,05
2.º *Artificiales.*										
De arena roja de Argelia.......	»	2,65	45,50	19,33	67,48	»	»	8,92	21,00	1,75
De arcilla fina amarillenta......	»	»	65,50	22,35	87,85	»	»	10,40	»	1,75
Idem refractaria de Paviers......	»	2,30	49,04	32,56	83,90	»	»	»	14,10	»
Idem blanca...............	1,00	»	66,50	32,50	100,00	»	»	»	»	»
Idem de Saint-Malo..........	13,00	»	30,50	13,50	57,00	8,07	»	4,00	30,00	0,93

Puzolana artificial.—Un compuesto de 1 á 3 partes de cal por 9 ó 7 de arcilla, sometido al calor necesario al primer grado de cocción del ladrillo, un poco superior al rojo oscuro, se convierte en una puzolana.

Se han empleado puzolanas artificiales compuestas de 1 parte (en volumen) de cal grasa apagada en estado de pasta blanda y de 4 partes de tierra arcillosa en forma de barro, que una vez mezcladas con la cal se corta en forma de ladrillos y se cuece en un horno con hulla.

El precio de un metro cúbico de puzolana artificial es de 28 francos.

La puzolana se conserva más fácilmente que la cal hidráulica antes de su empleo en obra, y permite dar al mortero un grado de energía hidráulica imposible de conseguir con la cal.

Las principales fábricas de puzolana son las de Paviers (Indre-et-Loire), Fagnières (Marne), Chartres, las de los alrededores de París, etc.; estas últimas tienen el aspecto de ladrillos ó tejas machacados.

También se fabrica la puzolana con una tierra dolomítica (la *dolomía* es un carbonato de cal y magnesia); esta tierra, en cuya explotación se sigue el procedimiento llamado de socavón, se divide en pequeños terrones que se secan al sol, bien en una era ó en tinglados, para cocerlos después en un horno ordinario de cal. Para la cocción es necesario 1 hectolitro de carbón por cada 16 ó 18 de tierra. El precio del metro cúbico es próximamente de 10 francos.

En Calais se fabrica una excelente puzolana sometiendo á la cocción la tierra arcilloso-caliza que se recoge en su playa.

En Brest también existen masas considerables de arenas de gneis granítico, que sometidas á una ligera torrefacción en hornos de reverbero se obtiene una puzolana que, mezclada con la cal, forma un mortero que fragua en siete días. La composición de estas arenas después de la torrefacción es: sílice (60,33), alú-

mina (21,43), peróxido de hierro (8,57), cal y magnesia (6,69), principios solubles (2,75).

También se fabrica la puzolana artificial por la calcinación de los esquistos, pórfidos, piroxenos, areniscas, gres, granitos, etc., divididos en fragmentos de $0^m,06$ ó $0^m,07$.

Las puzolanas tienen escasa aplicación en España.

Cemento romano (1).—El cemento romano, cemento natural, inglés de Parker, de Pouilly ó de Molène, que por todos estos nombres se le conoce en construcción, se emplea en las obras hidráulicas y posee en grado superior dichas propiedades; el mortero fabricado con él adquiere inmediatamente, tanto en el aire como en el agua, una gran dureza, impermeabilidad y adherencia con los materiales de construcción. Se obtiene por la calcinación completa de las calizas arcillosas que contienen de 23 á 40 por 100 partes de arcilla; cuando ésta pasa del 30 por 100, los cementos obtenidos son de medianos resultados.

Estas calizas se cuecen como las ordinarias, pero exigen menos combustible. Los cementos no se apagan en el agua, con la que no hacen efervescencia; para su empleo hay que seguir un procedimiento análogo al que se sigue con el yeso. Su coloración es variada, pues los hay de color moreno oscuro, moreno claro, gris, mahón, amarillo y amarillo claro, etc. Inversamente que la cal, el cemento disminuye de volumen por su mezcla con el agua. Su energía, tanto en relación de la rapidez del fraguado como en la de su dureza final, es muy variable; existen algunas calizas que contienen sílice gelatinosa en las proporciones que otras que suelen dar excelentes cementos, á las cuales ningún grado de cocción las comunica la propiedad de un fraguado pronto y enérgico.

Se encuentran también calizas cuya arcilla contiene, además

(1) Para más detalles, consúltese la obra de cementos de Mr. E. Candlot.

de la sílice y alúmina, 6 á 12 por 100 de magnesia, que aumenta la buena calidad del cemento para su empleo en trabajos marítimos.

Cuando una caliza arcillosa se cuece de una manera incompleta, de tal manera que no se haya desprendido más que una parte de su ácido carbónico, y en este estado se la pulveriza y amasa, se obtienen resultados muy diversos, según la caliza y el ácido carbónico retenido; de tal manera que el fraguado puede tener lugar en pocos minutos, siendo completo y persistente, ó bien efectuarse un fraguado incompleto, que queda estacionado y que algunas veces termina en una desagregación completa. Una caliza arcillosa completamente cocida y apagada por fusión fragua á los seis días; si la cocción se hace incompleta, de tal manera que contenga 20 ó 30 por 100 de ácido carbónico, y se la emplea como cemento, puede tardar en fraguar un mes ó efectuar su fraguado en quince minutos.

Los cementos perfectamente cocidos se *airean* más fácilmente que el yeso; para conservarlos es necesario preservarlos del aire y de la humedad; fraguan en algunos minutos y algunas veces sólo en segundos, cuando están muy vivos, y mucho más lentamente, aunque no estén aireados, después de algún tiempo de embalados en los barriles. Cuando el fraguado del cemento es demasiado rápido, se le retarda extendiéndole en capas de poco espesor durante algunos días bajo cobertizos.

Los cementos, al airearse, adquieren una cantidad de agua y de ácido carbónico proporcional á la cantidad de cal que contienen; una vez aireados, no fraguan cuando se los emplea solos, pero mezclándolos con cal grasa, de igual manera que se hace con las puzolanas, comunican á aquélla propiedades hidráulicas más pronunciadas que las que se obtienen haciendo la mezcla cuando el cemento no está aireado, y retardando el fraguado hacen fácil su empleo en estas condiciones. Según el grado de energía hidráulica que se desee obtener, se mezclarán de 100 á 200 partes de cemento por 100 de cal grasa. Pero si el cemento aireado es em-

pleado como puzolana, basta añadirle 10 á 30 partes por cada 100 de cal cáustica.

Los cementos romanos sirven para comunicar propiedades hidráulicas á las cales grasas y para aumentar la hidraulicidad de las áridas, sea para una acción lenta ó rápida. En el primer caso, al apagar la cal por el procedimiento de fusión, y en el primer período de ésta, se añade el cemento en polvo, sin preocuparse para nada del fraguado de éste, que se destruye naturalmente por el efecto de un prolongado amasado. En el segundo caso se aprovecha la vivacidad del cemento y no se efectúa la mezcla hasta el momento del empleo, teniendo preparado mortero común, más fluido y menos cargado de cal que de ordinario, al que se añade el cemento y se bate ligeramente, empleándolo con rapidez.

Los cementos se emplean para rejuntados, para restauración de edificios, enlucidos de estanques, chapas de bóvedas, enlosados, embaldosados, molduras de ornamentos arquitectónicos, etc. También se fabrican de cemento tubos para conducción de agua y gas del alumbrado, y se emplean en los trabajos marítimos teniendo cuidado de que el fraguado sea casi instantáneo, pues no resisten indefinidamente la acción salina del agua de mar (véase la pág. 127).

Los cementos no ofrecen garantía de duración y resistencia más que cuando se emplean en obras que han de estar constantemente bajo el agua; en una tierra fresca y en los terrenos húmedos adquieren en algunos meses una dureza á la que no llegan los mejores morteros hidráulicos en las mismas circunstancias hasta un año ó año y medio.

Los buenos morteros de cemento adquieren á los tres días de su empleo 0,25 de su dureza total; al año 0,90 de la misma, alcanzando á los diez y ocho meses el máximum.

Al aire libre los rejuntados y enlucidos exteriores de cemento se hacen difícilmente, á causa de su contracción al verificarse el

fraguado, que los resquebraja y separa del paramento, sobre todo cuando se han empleado morteros muy grasos. Todo cemento puesto en obra contiene una cantidad de agua que llega al 16 ó 20 por 100. La adición de la arena es el único medio de oponerse á esta contracción, así como á los efectos destructores de la helada.

Cementos de Portland ó *cementos romanos artificiales de fraguado lento.*—Se fabrican estos cementos artificiales sometiendo á un grado de cocción conveniente mezcla de creta y arcilla ó tierras gredosas. Se obtienen de esta manera, por un exceso de cocción, productos de fraguado muy lento, pero que adquieren rápidamente una dureza superior á la de los cementos correspondientes de fraguado rápido. Si la cal y la arcilla que se emplea en su fabricación no contienen óxidos de hierro, el cemento que se obtiene es de color blanco.

El cemento Portland inglés se fabrica en Inglaterra mezclando creta con légamo arcilloso del Támesis ó de Medway, que se tritura en molinos con gran cantidad de agua, con el fin de que su mezcla sea más íntima. Las partes muy finas que quedan en suspensión en el agua se recogen por decantación. Cuando esta masa cenagosa, depositada en estanques especiales, está seca, se corta en forma de ladrillos y se la somete á una cocción suficiente para que su masa comience á vitrificarse; una vez cocido se tritura, y pulverizado se pone en sacos ó cajas.

El cemento Portland inglés pesa 1.270 kilogramos el metro cúbico, sufre una contracción de un 20 por 100 al amasarlo en el agua y su fraguado no tiene lugar hasta cinco á diez horas después de su empleo.

El *cemento Portland francés*, de Boulogne-sur-Mer, se fabrica con la caliza margosa de Château-Neuf, cerca de Boulogne, que contiene 19 á 25 por 100 de arcilla, teniendo cuidado de separar toda caliza que contenga más de 1/20 de su peso de arena; hecho

esto, se machaca la piedra y se amasa en toneles movidos por un malacate de rueda; hecho el amasado, se echa la pasta en estanques llenos de agua, y con la ayuda de un potente agitador se mezclan y quedan reducidas al estado de un caldo líquido, que por unos badenes dispuestos al efecto pasa á los estanques de decantación, en los que una vez seco se corta en panes para llevarlos al horno, donde se cuecen al calor blanco.

Después de la cocción se hace un escogido esmerado, separando las escorias y partes pulverulentas antes de someterlo á la pulverización definitiva.

El peso del metro cúbico de cemento Portland de Boulogne, cernido y sin comprimir, es de 1.270 á 1.350 kilogramos. La contracción que experimenta al secarse, cuando se ha amasado con $0^{m},38$ de agua, es próximamente 0,30; es decir, que el metro cúbico de polvo produce $0^{m3},70$ de mortero de cemento puro, y el fraguado de este mortero se obtiene al cabo de diez á quince horas, lo que permite que el amasado se pueda hacer bien por medio de la batidera ó con malacates y toneles amasadores.

También se fabrican en París, con margas arcillosas de yeso, cementos que bajo la denominación de *cementos de París* son similares al Portland de Boulogne. El peso del metro cúbico varía de 1.200 á 1.300 kilogramos.

Según la Asociación austriaca de Ingenieros y Arquitectos (1888), los cementos de Portland son productos obtenidos por la calcinación, hasta el punto de reblandecimiento, seguido de la pulverización fina, bien de margas naturales, bien de mezclas artificiales de materiales arcillosos y calizos, que contengan en peso por lo menos 1,7 de cal por 1 de sustancia hidráulica. Dicha corporación no acepta el nombre de Portland más que para los cementos exentos de más de un 2 por 100 de materias extrañas.

Los cementos Portland de Boulogne, Marsac y Grenoble son de fraguado lento.

El precio del cemento de fraguado rápido es de 4,60 á 8 fran-

Composición de algunos cementos (según Vicat).

CEMENTOS	Cal.	Magnesia.	Materias inertes.	Sílice.	Alúmina.	Peróxido de hierro.	Agua y ácido carbónico.	Acido sulfúrico.	Principios alcalinos.	Principios activos en 100 partes de cal.
Cementos naturales.										
Cemento inglés (Medina)	43.45	13,95	»	19,50	5,60	12,05	2,50	0,80	2,15	0,90
Idem de Cahors	44,45	4,80	»	26,00	12.15	5,50	4,58	1.32	1,20	0.96
Idem de Boulogne	49,28	2,58	4,305	28,020	9,575	5,726	»	0,514	»	0,81
Idem de Pouilly	49,60	»	»	26,000	10,005	5,100	7,25	0,850	1,195	0,72
Idem de Grenoble	58,03	2,132	»	20,887	13,075	3,026	»	2,80	»	0,65
Idem de Guetary	58,79	»	»	24,748	9,518	5.902	0,785	0,257	»	0,58
Idem de Vitry-le-François	55,70	»	»	20,000	9.770	4,330	6,500	0,200	3,30	0,53
Idem de Urrugne	63,44	1,11	»	22,75	8,75	3,75	»	0,200	»	0,51
Idem de la Butte-Chaumont	62,04	2,371	»	22,765	8,254	4,57	»	»	»	0,53
Idem de Zumaya (España)	30,90	»	6,65	25,00	18,55	7,45	7,60	»	3.85	0,41
Idem de Vassy	49,50	»	»	17,75	6,80	7,35	3,60	5,00	»	0,41
Cementos artificiales.										
Cemento de Portland (inglés)	63,70	»	»	20,84	6,66	5,30	2,30	1,20	»	0,43
Idem íd. (francés)	61,75	»	»	25,10	7,25	4,50	1,40	»	»	0,52
Idem francés con arcilla pura	55.555	»	»	28,72	15,725	»	»	»	»	0,80
Idem íd. otra variedad	60,960	»	»	25,40	14,00	»	»	»	»	0,65

cos los 100 kilogramos, y el precio del Portland varía entre 6,75 y 15 francos (véase *Precios de Madrid).*

El cemento de fontanero se fabrica mezclando polvo de ladrillo ó teja machacada con escorias de hierro y piedra de afilar; pulverizada la mezcla en unión de buena cal viva, produce un cemento que se endurece bastante bien bajo el agua.

Cemento de Vassy.—Los cementos de Vassy (Gariel, Prevost), Molène y Pouilly son de fraguado rápido. El de Vassy, obtenido por calcinación en los hornos de cal, pierde 50 por 100 de su peso; es de color amarillento y su composición es la siguiente:

Cal	56,6
Protóxido de hierro	13,7
Magnesia	1,1
Sílice	21,2
Alúmina	6,9
Pérdida por calcinación	0,5
	100,0

Su densidad, según la compresión á que se someta, varía de 0,80 á 1,50, pudiendo tomarse como término medio 1.150 kilogramos el metro cúbico.

Cuando el cemento ha de emplearse pronto y en gran cantidad, la fábrica lo sirve en sacos de lona que pesan de 45 á 50 kilogramos.

El empleo del cemento se hace bajo la forma de mortero, con ó sin arena, empleando para su amasado un volumen de agua igual á la mitad del de cemento empleado.

Un metro cúbico de cemento en polvo de 0,96 de densidad, y convertido en mortero, sin mezcla de arena, sufre una contracción de 17 por 100, produciendo por lo tanto un volumen de masa de 0,83 metros cúbicos.

La arena dura, limpia de limo y de otra materia terrosa, mezclada con el cemento, produce un mortero más resistente, menos expuesto á resquebrajarse y más económico, pero que naturalmente es menos vivo que el de cemento solo.

Generalmente el mortero se fabrica mezclando volúmenes iguales de arena y de cemento; pero cuando ha de resistir á fuertes presiones de agua, se aumenta la dosis de cemento en la relación de 3 de aquél por 2 de arena, y si la presión á que ha de someterse es muy fuerte, se llega hasta formar el mortero con 2 partes de cemento por 1 de arena.

El fraguado del cemento de Vassy, amasado recién fabricado y cernido, sin mezcla de arena, tiene lugar á los uno ó dos minutos de su empleo, cuando la caliza con que se ha fabricado proviene de los bancos superiores; el fraguado se retarda hasta cinco y siete minutos si se ha empleado caliza de los bancos inferiores; cuando la temperatura de cocción se ha elevado demasiado, el fraguado se retarda cuatro ó cinco horas en los productos obtenidos.

El intervalo entre el momento en que se amasa el mortero y su endurecimiento aumenta por las causas siguientes: 1.°, por no ser el cemento de fabricación reciente; 2.°, por el descenso de temperatura, y 3.°, por la cantidad de arena, sobre todo si ésta está humeda, pero puede tomarse como término medio media hora en verano y una en invierno.

Al comenzar el endurecimiento, y mientras dura la combinación, el mortero alcanza una temperatura de 65 grados.

El cemento recién empleado tiene un color amarillo térreo oscuro, pero al secarse queda más claro, tomando un color análogo al de la sillería (que ordinariamente se emplea en París).

El mortero fabricado con este cemento, aplicado convenientemente en capas, es casi impermeable. Esta propiedad aumenta en relación con el cemento y disminuye, por el contrario, cuando se ha empleado la arena en proporción considerable. Un enlucido de

5 centímetros de espesor, compuesto de un mortero que contenga 3 partes de cemento por 2 de arena, puede someterse á una carga de agua de 5 á 6 metros de altura.

Preparación de las superficies.—Las superficies que han de ser enlucidas con cemento deben limpiarse previamente, y si es preciso picadas, para quitar las partes alteradas y los morteros antiguos, ahondando las juntas en una profundidad de 2 á 3 centímetros y lavándolas, teniendo cuidado de que los paramentos y juntas estén todavía húmedos en el momento en que se extienda el cemento. En la fábrica de ladrillo que se construya con mortero de cemento se tendrá cuidado de sumergir los ladrillos en agua por espacio de un cuarto de hora, retirándolos de la misma unos momentos antes de su empleo.

Amasado.—El amasado se efectúa por medio de la paleta, en artesas cuadradas, que en tres de sus lados van provistas de un reborde. La arena y el cemento, cuyo volumen varía de 1 á 6 litros para cada masa, se mezclan en seco en la artesa, formando con la mezcla, en el lado en que la artesa no tiene borde, una especie de dique para retener el agua, que se vierte de una sola vez sobre dicha mezcla; se empuja rápidamente con la punta de la paleta toda la mezcla que forma el dique arriba mencionado sobre el agua, que es absorbida inmediatamente; se mueve la mezcla así formada con la paleta para hacer la mezcla preparatoria, y después de tener toda la pasta en un lado de la artesa se la hace pasar sucesivamente por pequeñas partes, comprimiéndola con la parte plana de la paleta, á la que á la vez se la imprime un movimiento lateral, con objeto de triturar las partículas de cemento; hecho esto, se recoge la pasta á un costado de la artesa y se vuelve á triturar otra vez en la misma forma.

El amasado del cemento debe hacerse á fuerza de trabajo del puño manejando la paleta y no á fuerza de agua. A la primera vuelta, el mortero presenta el aspecto de una pasta dura, que se reblandece sensiblemente por la trituración; en la última vuelta

debe tener la consistencia de una pasta blanda, con la superficie ligeramente aceitosa.

En la ejecución de grandes trabajos se emplean á menudo morteros áridos de cemento; la mezcla se hace en seco por medio de batideras, formando con ella una especie de alberca circular, en la que se vierte la cantidad de agua necesaria, haciendo después el batido á brazo.

En verano (época poco favorable para el empleo del cemento, sobre todo si no se hace al abrigo del sol), como los materiales están muy secos, hace falta emplear algo más agua en la confección del mortero. Las pequeñas heladas no son obstáculo para que el cemento se emplee con éxito si el trabajo se hace al abrigo de la lluvia, pero si el agua está muy fría el fraguado del cemento se retarda, siendo conveniente templarla cuando se quiera evitar este inconveniente.

La aplicación del cemento en obra se hace tomándolo con la paleta y lanzándolo con fuerza sobre el sitio en que se ha de aplicar; se proscribe el empleo de la talocha y no se debe alisar la superficie del mortero más que en ciertos casos (enlucidos de estanques, etc.), y aun en éstos muy ligeramente; el alisado cierra los poros en la superficie y completa las uniones, pero siempre da lugar á grietas cuando la desecación es muy rápida. Esta operación debe hacerse antes que el mortero empiece á calentarse y endurecerse. Cuando el mortero se ha endurecido por completo se puede, para las restauraciones de sillería ó para enlucidos en que trate de simularse ésta, igualar la superficie por un raspado por medio de la paleta espada, y también labrar el mortero á cincel de igual manera que se ejecuta en la sillería.

Empleo del cemento.—El mortero núm. 1 (cemento puro) se emplea para atajar las filtraciones de fondo (en los zampeados de estanques, exclusas, etc.) y en las fugas de agua, á causa de su extremada impermeabilidad y de su solidificación instantánea.

Los morteros 2, 3, 4 y 5 se emplean para enlucidos de fosos, aljibes, estanques, departamentos húmedos, etc., ó á causa de su adherencia y de su impermeabilidad.

COMPOSICIÓN DE 1 M³ DE MORTERO DE CEMENTO ROMANO

Números.	PROPORCIÓN EN VOLUMEN		Volumen de arena.	PESO DEL CEMENTO	
	Cemento.	Arena.		Neto.	Con embalaje.
1	1	0	$0,^{m3}$	1.204 kil.	1.336 kil.
2	3	1	0,35	928	1.030
3	2	1	0,46	843	936
4	3	2	0,55	771	856
5	1	1	0,70	651	723
6	2	3	0,84	530	588
7	1	2	0,98	451	480
8	1	2,5	1,00	390	423
9	1	3	1,00	300	325
10	1	3,5	1,00	258	280
11	1	4	1,00	235	255
12	1	4,5	1,00	205	220
13	1	5	1,00	185	200

Los morteros 6, 7 y 8 son los de uso más frecuente; se emplean para la construcción de toda clase de fábricas, mamposterías, ladrillos etc.; para hacer rejuntados de toda especie; para chapas y enlucidos de mamposterías nuevas ó viejas; para los recalzos de muros, restauración de piedras de sillería degradadas por el tiempo y para toda clase de obras cubiertas ó expuestas á la intemperie.

Los morteros 9 y 10 se emplean para muros, bóvedas de puentes, acueductos, iglesias y en general en macizos que pueden llegar á su endurecimiento antes de ser sometidos á fuertes presiones, y para las cuales la condición de completa impermeabilidad no es condición indispensable, pero que es necesario que su peso no sea excesivo.

Los morteros de cemento en los que las proporciones de éste son menores que las del número 10 comienzan á ser áridos y á perder sus cualidades de adherencia é impermeabilidad; se los utiliza para los trabajos de relleno. El mortero número 13 goza todavía de la propiedad de un endurecimiento casi inmediato (dos horas bajo el agua), reemplazando los morteros de cales hidráulicas.

Se obtienen también morteros muy hidráulicos añadiendo á los confeccionados con cal grasa de 1/10 á 1/15 de su volumen de cemento de Vassy en polvo.

El fraguado de un cemento es tanto más lento y su adherencia es tanto menor cuanto mayor es la proporción de arena que contiene.

El azúcar añadido al cemento aumenta su fuerza, retarda el fraguado y favorece las reacciones químicas, pero es necesario que esté en una proporción menor de 0,50 por 100 (véase página 76).

Cemento metálico.—Para la reparación de monumentos se emplea un cemento compuesto de dos partes en peso de óxido de zinc, dos de caliza dura y una de arenisca en terrón.

Se pulverizan y se mezclan íntimamente añadiendo un poco de ocre para imitar el color de la piedra, amasando el todo en un líquido que contiene una solución de zinc en el ácido clorhídrico, á la que se añade clorhidrato de amoníaco. Las proporciones en peso para preparar esta solución son las siguientes: granalla de zic, 6 partes; clorhidrato de amoníaco, 1 parte, añadiendo al resultado los dos tercios de su volumen de agua.

Para preparar el cemento se amasa 1 kilogramo de polvo con 30 decilitros de la solución. Para hacer reparaciones de más de 3 centímetros de espesor se rellena con pedacitos de buena piedra el fondo de la parte que se va á reparar antes de emplear el cemento. A las cuarenta y ocho horas de su empleo tiene una

resistencia á la tracción de 10 kilogramos por centímetro cuadrado y á los cuatro meses llega ésta á ser de 48 kilogramos. La resistencia al aplastamiento es al año de su empleo de 280 kilogramos por centímetro cuadrado.

Resistencia de los cementos.—A medida que la alúmina disminuye en relación á la sílice en los cementos, la resistencia de estos últimos aumenta. A continuación se consignan los resultados de experiencias hechas en la Escuela de puentes y calzadas de París con diferentes cementos después de tenerlos treinta días bajo el agua:

PROCEDENCIA DEL CEMENTO	Relación de la alúmina y la sílice.	RESISTENCIA POR CENTÍMETRO CUADRADO	
		A la tracción.	A la compresión.
Porte-de-France..	0,80	11k,00	50k,00
Boulogne (Lonquety)	0,68	17 ,28	225 ,80
Boulogne (Framchon)	0,67	22 ,32	228 ,80
Tenay (Meurgey y comp.a)..	0,66	22 ,20	229 ,70
Voreppe (Thorrand y comp.a)	0,58	24 ,62	199 ,68
Grenoble (Bertet-Sisteron)	0,50	25 ,00	»
Portland (inglés)	0,47	»	200 ,00
Saint-Victor-la-Coste..	0,30	33 ,30	370 ,00
Valbonnais (Pelloux y comp.a)..	0,16	33 ,50	390 ,00

La resistencia á la tracción y al aplastamiento aumenta con la lentitud del fraguado.

Resistencia de los morteros de cemento (según Perrodil).—Los cementos que se someten á la experiencia proceden de Boulogne-sur-Mer, cuya composición es 23,8 de sílice, 1,3 de arena cuarzosa, 8,9 de alúmina, 2 de peróxido de hierro, 63,6 de cal y 0,4 de magnesia. Varios cubos de mortero puro, sin mezcla de arena, han sido expuestos al aire libre ó sumergidos en agua, dando los resultados siguientes:

Tiempo transcurrido después de emplear el mortero.	PROPORCIONALIDAD EN 100 PARTES				RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO POR CENTÍMETRO²	
	En los morteros que fraguan en el agua.		En los morteros que fraguan en el aire.			
	Agua.	Acido carbónico.	Agua.	Acido carbónico.	En el agua.	En el aire.
1 día.	6,4	0	5,1	0	43k,6	33k,6
3 »	8,7	0	6,2	1,8	119 ,2	84 ,0
7 »	9,2	0	6	1,8	141 ,6	104 ,9
15 »	12,8	0	8	1	163 ,4	122 ,8
1 mes.	15,4	0	6,5	2,8	234 ,2	103 ,0
2 »	14,6	0	7,6	4	293 ,4	123 ,8
3 »	11,2	0	4,3	6	231 ,8	126 ,6
6 »	15,3	0	8,3	5,8	329 ,6	171 ,6

Para ensayar cementos, aglomerados y morteros hidráulicos se moldea el mortero en forma de ladrillos (fig. 31), sirviéndose de un molde especial, y se dejan endurecer en arena humedecida ó bajo el agua. Después de un número de días determinado se les ensaya por medio de máquinas especiales, sometiéndolos á esfuerzos hasta el momento de la rotura.

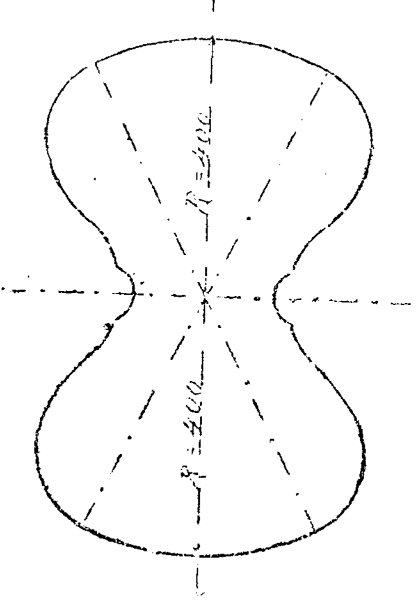


Fig. 31.

Las máquinas de ensayo á la rotura por extensión son muy costosas, y para los casos ordinarios no son absolutamente indispensables.

«Es suficiente, dice el príncipe Jorge Lubomirski, procurarse dos estribos de hierro terminados en cada una de sus extremidades por un gancho plano, un caballete, una caja de arena y una romana, para poder hacer todas las pruebas necesarias para determinar la resistencia de los cementos.

»He aquí la manera de operar:

»Se forman, amasando cemento puro ó adicionado con cal, unos ladrillos de ensayo que se sumergen con el molde en una cubeta de agua inmediatamente después del moldeo. Pasadas veinticuatro horas se retiran los ladrillos del molde y se vuelven á sumergir en el agua.

»Cuarenta y ocho horas después de la fabricación se los ensaya á la rotura; al efecto se sujeta uno de los estribos de hierro en la parte superior del caballete; se labra lateralmente por medio de un cincel cada ladrillo, de manera que se forme un rediente á uno y otro lado; hecho esto, se sujetan en estos redientes los ganchos del estribo que va sujeto al indicado caballete; el otro estribo se engancha igualmente en las muescas que lleva la briqueta en su parte inferior y se suspende del mismo la caja que ha de recibir la arena, que se va echando poco á poco hasta que se determina la rotura de la briqueta. Pesando ahora por medio de la romana la caja de arena, y dividiendo su peso en kilogramos por el área en centímetros de la sección de rotura, tendremos la resistencia por centímetro cuadrado. Para evitarse el tener que labrar las muescas para enganchar en ellas los estribos es conveniente que los moldes presenten un estrechamiento en que aquéllos puedan apoyarse fácilmente. Como sección más conveniente para las briquetas de ensayo debe adoptarse la de 4 centímetros de lado en el estrechamiento (fig. 31), y que el grueso de la briqueta sea también de 4 centímetros.»

El almacenaje de los cementos en silos permite la extinción de la cal libre que puedan contener accidentalmente. Bajo la acción de la humedad del aire los aluminatos se descomponen en productos más estables, que hacen desaparecer las probabilidades de hendiduras ó desagregación que pudieran manifestarse en obra. Los cementos muy silíceos tienen una gran ventaja sobre los arcillosos para los trabajos marítimos.

Empleo del cemento recién fabricado.—Es muy perjudicial el

empleo del cemento recién fabricado, á causa de la gran cantidad de cal libre que puede contener. Esta cal, al apagarse, aumenta de volumen al mismo tiempo que el mortero hace su fraguado, determinándose roturas por la dilatación. Se evitan estos inconvenientes exponiendo el cemento al aire antes de su empleo, ó dejando transcurrir cinco minutos entre la mezcla del cemento con la arena y el momento de su empleo en obra, asegurándose de que la temperatura no se eleva en el momento en que se vierte el agua sobre el cemento.

Cementos de calizas magnesíferas (G.-J. Peschl, de Praga).—Se cuece aisladamente una caliza magnesífera; inmediatamente, antes de haber apagado la cal, se hace mezcla con la arena; se hace de la mezcla una pasta muy espesa con agua que contenga en disolución 1 parte de sosa y potasa por 100 de la mezcla en seco de cal y arena. Esta pasta se moldea en ladrillos que, calcinados, constituyen el cemento. El agua alcalina disuelve la magnesia que contiene la cal. Durante la calcinación se forma una combinación entre la magnesia y los álcalis (sosa y potasa). Cuando se moja el cemento para emplearlo, esta combinación se disuelve y la cal se apaga.

Cemento de magnesia (Sorel).—Se obtiene amasando magnesia pulverulenta con una solución que contenga de 30 á 70 por 100 de cloruro de magnesia ordinario. La resistencia á la tracción es de 150 kilogramos por centímetro cuadrado, ó sea el triple ó cuádruple de la del Portland.

Pero la acción del agua destruye la combinación química y desagrega la masa, no pudiéndose emplear este cemento más que en trabajos secundarios que no estén expuestos á la intemperie.

Cemento silíceo-magnésico (fórmula Weber).—Se compone de 100 partes de magnesia, 15 de ácido silícico anhidro

y 90 de solución de cloruro magnésico al 80 por 100. Presenta una resistencia á la tracción de 90 á 125 kilogramos por centímetro cuadrado, es de color blanco y su fraguado tiene lugar á las diez horas de su empleo, no descomponiéndose por la acción del agua ni en frío ni en caliente.

Cementos de ladrillos y tejas, cenizas de hulla y escorias de fragua.—Estas materias contienen menos de 1/10 de cal combinada con la sílice; cuando la arcilla no está muy cocida, la cal grasa combinada con estas materias pulverizadas produce un mortero que tiene un ligero grado de hidraulicidad. Como la pulverización del ladrillo ó de la teja es muy costosa, es más conveniente servirse de puzolanas enérgicas, las que con una pequeña cantidad mezclada al mortero de cal grasa producen un buen mortero hidráulico.

Según Vicat, la arcilla después de una primera cocción da á la combinación con la cal una energía representada por 1; recocida, esta energía está representada por 0,30, y semivitrificada, por 0,19; de aquí se deduce que el ladrillo muy cocido no es el mejor para la confección del mortero.

Trabajos en cemento con armadura metálica.—Se hace un empleo racional del cemento en los trabajos de armadura de hierro. El principio consiste en sumergir en una capa de cemento de muchos centímetros de espesor una celosía metálica de malla de 6 á 10 centímetros de lado, obteniendo así un verdadero monolito. Es conveniente observar que el hierro se conserva perfectamente en el cemento, mientras que se enmohece y dilata en las mamposterías al aire libre.

El cemento presenta una gran resistencia, que se puede evaluar en las canalizaciones de agua hasta 5.300 kilogramos de carga por metro con el pequeño espesor de $0^{m},04$ de cemento.

Se emplea también el cemento para formar suelos construídos con vigas de hierro (1).

Cemento de escoria.—Las escorias de altos hornos han sido utilizadas por Mr. Farinaux desde 1883 y por la Sociedad de cementos de Donjeux (Alto Marne) para la fabricación de un cemento más económico que el cemento Portland. Las escorias calizas contienen los elementos constitutivos de los cementos, aunque en distinta proporción, menos cal y más sílice; por lo tanto, añadiendo la cantidad necesaria de cal en cada caso se obtiene un producto de idéntica composición que el cemento. Si se añade 1,5 por 100 de sosa Solvay á 95°, al descomponerse por el calor da al cemento, por la incorporación de su base alcalina, mayor facilidad de fraguado. Se obtiene por este procedimiento un cemento al precio de 9 á 10 francos la tonelada; este precio sufre alguna reducción si se sustituye la caliza y la cal cáustica con residuos purificados de los productos que se emplean para la obtención del gas.

Los fabricantes mezclan en frío las escorias de altos hornos con la cal apagada, y especialmente si ésta proviene de calizas silíceo-magnésicas. Según los grados de hidraulicidad, dureza ó adhesión que se deseen obtener, se aumentan las proporciones de arcilla, de sílice ó de cal, reduciendo todas estas materias á polvo muy fino, seco y bien tamizado. El cemento de G. Raty y compañía, fabricado por este procedimiento, difiere del Portland: 1.°, por contener menos cal y una proporción mayor de los dos factores hidraulizadores, sílice y alúmina, y 2.°, por su menor densidad. La diferencia de peso es próximamente de 300 kilogramos por metro cúbico.

Con el cemento de escorias no hay que temer los aumentos de volumen que hacen romperse las mamposterías cercanas; los ele-

(1) Véase el tomo VI

mentos que le componen no son susceptibles de dilatarse. Es eminentemente hidráulico y puede emplearse bajo el agua inmediatamente después de amasado, sin que bajo este líquido y al efectuar el fraguado sufra aumento de volumen; cuando se emplea en fuertes dosis en los trabajos al aire libre, es conveniente mantener húmeda su superficie durante algunos días.

El fraguado principia tres horas después de amasado, y la duración del mismo es de cuatro á seis horas, presentando una gran adherencia con los diversos materiales. En virtud de su extremada sutileza, llena mejor que ningún otro los huecos de la arena con que ha de mezclarse para la confección del mortero, por lo que su empleo es recomendable en los trabajos en que la impermeabilidad es condición indispensable; en estos casos, una mezcla á partes iguales de arena de río y de cemento aseguran una impermeabilidad absoluta.

Este cemento puede reemplazar al ordinario en todas las aplicaciones, y con ventaja en los enlucidos; pero después de fraguado presenta un color blanco de buen aspecto, y puede pintarse sin que sufra alteración.

Composición de un cemento de escorias.

Sílice	22,45	Total: 100.
Alúmina	13,25	
Peróxido de hierro	3,30	
Cal	51,10	
Magnesia	1,35	
Varios	8,55	

Fabricación del cemento de escorias.—En Vitry-le-François se fabrica también esta clase de cemento.

La escoria empleada proviene de los altos hornos de Pont-à-Mousson, y se compone de 22 partes de alúmina, 32 de sílice, 42 de cal y 4 de óxido de hierro, de magnesia y diversos.

Las escorias negras, es decir, las que contienen una pequeña proporción de óxidos metálicos, no convienen para la fabricación del cemento. La escoria es tanto mejor cuanto su enfriamiento se ha operado más bruscamente. Aun siendo la escoria muy básica, no debe, sin embargo, llegar á fundirse; es decir, que el silicoaluminato que la constituye no debe contener cal en exceso, porque en este caso sobrenada y se encuentra expulsado del horno antes que la temperatura haya llegado á un grado suficiente para que puedan desarrollarse las cualidades puzolánicas.

Para producir el enfriamiento brusco de las escorias á su salida del horno se inyecta, lo más cerca posible de la tobera, una gran cantidad de agua á presión, que arrastra la escoria á unos depósitos de mampostería, en los que se sedimenta en forma de arena granulosa, y se saca de los estanques, una vez terminada la sangría del horno de que procede, transportándola á la fábrica (Vitry). Allí se la somete á una desecación previa en estufa, extendiéndola en secaderos en forma de anaqueles por medio de carretones de construcción especial. Cada estufa se compone de cuatro series de láminas de palastro superpuestas é inclinadas en sentido inverso. A la salida de la estufa tiene la arena una temperatura de 150°, habiendo llegado á tener en el interior del aparato de 600 á 700°; desde el secadero, y por medio de una cadena de cangilones, se transporta al taller, donde funcionan cribas mecánicas y trituradoras, separándose en las primeras las escorias y cuerpos extraños y pasando desde ellos el producto limpio á las últimas, en las que se reduce á polvo que pasa por último al cernido, obteniéndose así una harina grisácea extremadamente fina y untuosa.

Esta harina se mezcla con la cal en cinco aparatos constituídos por un cilindro de chapa de acero que gira al rededor de su eje horizontal. Estos cinco cilindros hacen la mezcla de 1.100 kilogramos de cemento en ochenta minutos.

A la salida de los cilindros se vierte el cemento en un gran

embudo de palastro, cerrado por un obturador en su parte inferior. La cal que se emplea tiene un grado de hidraulicidad de 0,32 á 0,35.

Fabricación de ladrillos y tubos de cemento de escoria.—En Vitry, la pasta para la fabricación de ladrillos se compone de 60 litros de cal grasa por 250 á 300 litros de cemento. Esta mezcla se amasa con agua, y la pasta resultante se moldea y somete á fuertes compresiones en prensas de mano ó de vapor. Los ladrillos de paramento se fabrican con una mezcla de cemento y arena silícea.

Los ladrillos de cemento son muy apreciados para cimientos y zócalos por no sufrir ninguna alteración por los agentes atmosféricos, teniendo además una aplicación frecuente para encintados, pavimentos de patios, aceras y toda clase de construcciones económicas.

La fabricación de tubos se hace mezclando cemento de escoria con arena silícea del Mosela. Se emplean ordinariamente 500 kilogramos de cemento por metro cúbico de arena, amasando el mortero, y por último se apisona la pasta con pisones de hierro en moldes de palastro, que se quitan una vez terminada la confección de cada tubo, dejándolos tres días al aire, al cabo de los cuales se les sumerge en un baño de agua durante veinticuatro horas. Luego se almacenan en el parque de la fábrica, teniéndolos en él tres ó cuatro meses antes de expenderlos. Con la humedad se endurecen considerablemente y no dan sabor alguno al agua, de suerte que pueden emplearse en canalizaciones de agua, bien solos ó bien empleando también, en los trozos que por circunstancias especiales convenga hacerlo así, los de fundición ó alfarería.

El cemento de escorias puede rivalizar con los mejores cementos de Portland en los trabajos hidráulicos. Mezclado con la cal ordinaria mejora su calidad y acelera el fraguado. Se emplea

también para la confección de morteros y hormigones, para chapas de alcantarillas y enlucidos al aire libre, teniendo cuidado de hacer los trabajos en la humedad durante algunos días.

La resistencia á la rotura del cemento de Vitry puede llegar á 49 kilogramos por centímetro cuadrado al cabo de un año de fraguado.

Cemento artificial de esquistos.—Los elementos arcillosos del cemento se encuentran en ciertos combustibles pobres que no son utilizables como tales. Los esquistos hulleros pueden servir para la fabricación de cementos artificiales. Estos últimos contienen 41 á 45,6 por 100 de sílice, 13 á 19 de alúmina, 5,40 á 7,30 de peróxido de hierro, 23 á 30 de materias carbonosas, etcétera. Para la fabricación del cemento se los mezcla con piedra caliza.

A consecuencia de contener estos esquistos materias carbonadas y otras ventajas, se puede fabricar el cemento con una economía de 4 francos por tonelada sobre los otros que ordinariamente se fabrican.

En Frangey (Yonne) se hace la mezcla por vía seca, reduciendo las primeras materias á polvo por medio de un triturador, haciendo la mezcla en seco en las proporciones convenientes y aglomerando el producto obtenido en forma de ladrillos ó bolas por medio de prensas. Estos ladrillos ó bolas se cuecen en hornos como los cementos ordinarios de Portland.

De los ensayos hechos de 1892 á 94 sobre estos cementos en el Havre se han obtenido los datos siguientes:

Peso específico			3,10
Idem del litro, no comprimido	1.235	á	1,250
Fraguado al aire libre; principia, después de amasado	1^h,20′	á	2 h.
Idem íd.; termina	4	á	6
Idem bajo el agua	12	á	18

Resistencia á la tracción por cm² después de 48 horas de inmersión..............	21 á 26 kg.
Idem íd. por íd. á los 6 días de inmersión...	34 á 37
Idem íd. por íd. á los 27 días de inmersión...	42 á 51
Idem íd. por íd. á los 90 días de inmersión...	53 á 59
Resistencia á la compresión por cm² después de 48 horas de inmersión............	166 á 190
Idem íd. por íd. á los 6 días de inmersión...	302 á 410
Idem íd. por íd. á los 27 días de inmersión...	348 á 458
Idem íd. por íd. á los 90 días de inmersión...	360 á 498

Análisis químico.

Arena silícea separable por levigación....	0,10 á 0,40
Sílice combinada..................	23,50 á 24,20
Alúmina....................	7,30 á 9,10
Peróxido de hierro...............	2,90 á 4,00
Cal.......................	60,20 á 63,90
Magnesia..................	0,60 á 0,80
Acido sulfúrico................	0,40 á 0,50
Pérdidas al fuego..............	0,60 á 2,20

Morteros de cemento de grappiers ó Portland Lafargue.—La cal del Theil, fabricada en Lafargue, orillas del Rhône, cerca de Viviers (Ardèche), es una cal eminentemente hidráulica, que constituye el tipo de las cales silíceas que produce la caliza ó *criocères*. Con el residuo del cernido de esta cal, formado de concreciones calizas cuyos elementos tienen las dimensiones de granos de arena, residuos que no contienen bastante cal libre para reducirse á polvo por la extinción, pero que contienen en sustancia los elementos de un excelente cemento de fraguado lento, se fabrica el cemento de Lafargue llamado de *grappiers*, empleándose para todos los trabajos de igual manera que el Portland de Boulogne, así como también se emplea en la fabricación de materiales artificiales.

El metro cúbico de cal sin comprimir, cernida y puesta en sacos, pesa 720 kilogramos y produce $0^{m},72$ de mortero en pasta.

En las mismas condiciones, el metro cúbico de Portland Lafargue pesa 1.100 kilogramos y produce $0^{m},75$ de mortero en pasta.

Para confeccionar un mortero impermeable y que reuna todas las condiciones de solidez posibles, conviene establecer la proporción de cemento necesario en cada caso, según los huecos de la arena que haya de emplearse. Conociendo el volumen de estos huecos, que varía de $0^{m},31$ á $0^{m},38$ por metro cúbico de arena, es suficiente multiplicar por la densidad de la materia adoptada 720 kilogramos si se emplea la cal y 1.100 si se emplea el cemento, para saber qué cantidad de una ú otro es necesaria para producir un metro cúbico de mortero; tomando como volumen medio de los huecos $0^{m},350$, tendremos que necesitaremos $0,350 \times 720 = 252$ de cal, ó bien $0,350 \times 1.100 =$ 418 kilogramos de cemento para cada metro cúbico de mortero.

En las obras militares los ingenieros reducen algunas veces á 210 kilogramos la dosis de cal, pero conviene en general atenerse á las indicaciones hechas anteriormente. En cuanto al cemento, su fuerza de agregación ó resistencia de adherencia es muy grande (20 kilogramos por cm^2 después de ocho días), y se puede para trabajos ordinarios disminuir la dosis de cemento que se indica en el párrafo anterior. Así, para la fábrica de ladrillos es suficiente emplear 300 kilogramos por m^3. Las proporciones que da la teoría son suficientes para la construcción de bóvedas monolíticas; para las conducciones de agua con presión son insuficientes, y para los enlucidos en que se hayan de imitar sillerías á cincel, etc., se emplea mitad del volumen de cemento y la otra mitad de arena.

La fuerza de adherencia de la cal pura es de más de 3 kilogramos por cm^2 después de ocho días de fraguado.

Cualesquiera que sean las proporciones adoptadas, la arena debe ser muy pura y mezclarse en seco lo más íntimamente posible con la cal ó el cemento. Hecha ya la mezcla, se vierte de una vez

el agua necesaria para reducirla á pasta, triturando enérgicamente la masa, para reducir todo lo que sea posible la cantidad de agua. Se puede calcular sobre 450 litros de agua por m^3 de arena para un mortero á base de cal, y solamente de 350 á 450 para un mortero á base de cemento.

De todas maneras debe emplearse el agua absolutamente indispensable para la confección del mortero, teniendo presente que cuanto menos agua se emplee el mortero es de mejor calidad.

La fabricación de materiales artificiales en cemento Portland Lafargue se hace en Lafargue del Theil, en la fábrica de Hussein-Dey, cerca de Alger, en Tolosa, Perpiñán, Marsella, etc.

Los principales productos fabricados son: ladrillos, ángulos de edificios, jambas, cornisas, balaustradas, encintados de aceras, pesebres, baños, lavabos, tubos de todas clases, jarrones y estatuas.

Para todos estos productos el mortero se prepara en pasta pulverulenta.

La arena se pasa por un tamiz de mallas de 6 á 8 milímetros de separación.

Los productos deben tenerse al abrigo de los rayos del sol y regarse una ó dos veces por semana durante el mes que sigue á su fabricación si la estación es muy calurosa ó no pueden ponerse al abrigo del sol. Al salir del molde se les deja sobre un suelo duro durante dos días, al cabo de los cuales se los apila, teniéndolos en esta situación durante un mes, al cabo del cual se pueden expender para su consumo.

Arenas.—Las arenas empleadas en la fabricación del mortero deben estar limpias de tierra y desprovistas de materias orgánicas, que formarían con la cal un jabón soluble, retardando la solidificación del mortero; deben ser ásperas al tacto y crujir cuando se las aprieta en la mano.

Si se toma arena y se la deposita en un vaso lleno de agua, y al removerlo el agua continúa limpia, la arena es muy pura y

buena. Una buena arena, al frotarla en la mano, produce un pequeño ruido seco. Se prefieren las arenas de río á las de cantera ó fósiles y de mina.

Las arenas empleadas en la fabricación de morteros son:

1.° La arena caliza, que está formada de partículas calizas mezcladas de granos de cuarzo.

2.° La arena cuarzosa, que no contiene más que partículas de cuarzo (sílice).

3.° La arena micácea, que está formada por la descomposición del granito y que contiene sílice y alúmina.

4.° La puzolana (véase pág. 76).

5.° Las arenas vírgenes, que están compuestas de arena cuarzosa de granos desiguales entremezclados de arcilla morena ó amarilla anaranjada, en proporción de 1/4 ó los 3/4 del volumen total. Una de las mejores arenas de esta clase se extrae de Saint-Astier (Dordogne); la composición de la ganga arcillosa es:

Cuarzo ó arena	4,13
Sílice	38,54
Alúmina	20,00
Peróxido de hierro	12,00
Carbonato de cal	8,00
Agua	17,00

Peso del metro cúbico de arena.

Arena fina y seca	1.400 á 1 430 kg.
Idem íd. y húmeda	1.900
Idem arcillosa	1.700 á 1.800
Idem de río húmeda	1.770 á 1.880

La arena cuesta en Madrid 7 pesetas el metro cúbico la de río y 2 la de mina.

La arena toma diferentes coloraciones, según los óxidos metálicos que contiene; así se tienen arenas de color blanco, gris, amarillo, encarnado, verde, etc.

Las moléculas de cal grasa, teniendo entre sí más fuerza de cohesión que la fuerza de adherencia de la cal con la arena, parece que añadiendo ésta á una parte de cal debería disminuir la dureza que ella sola podía adquirir al verificarse el fraguado; pero no es así, porque la arena facilita la penetración del ácido carbónico, y por consiguiente el endurecimiento del mortero, disminuyendo además la cantidad de cal que ha de emplearse para un volumen determinado de pasta.

Algunas arenas, y también la arcilla cruda mezclada con la cal grasa en la proporción de 1 parte de cal por 4 de arena ó arcilla, dan una pasta ligeramente hidráulica; esta pasta adquiere en pocos días una consistencia dura é insoluble, pero que no se endurece más.

En los países volcánicos se encuentra una puzolana natural muy enérgica. Su composición comprende los mismos elementos de la puzolana artificial. En el Aisne se encuentran areniscas negras sumamente deleznables y de aspecto terroso, que mezcladas con la cal gozan de las propiedades de la puzolana.

Arena fabricada mecánicamente.—Cuando la arena falta en una región, puede fabricarse artificial pulverizando piedras por medio de aparatos especiales.

El moledor Loizeau fabrica el metro cúbico de arena por 6,60 pesetas y da un rendimiento de 10 metros cúbicos por día.

La combinación del quebrantador Carr y del moledor Blake eleva el precio del metro cúbico á 6,89 pesetas, pero da un rendimiento de 25 metros cúbicos por día.

Gravilla.—La gravilla es una arena gruesa mezclada de pequeños guijarros. Se obtiene pasando los guijarros por una criba, después de haber retirado la arena. La gravilla se emplea para la fabricación del hormigón fino. Su peso es de 1.350 á 1.500 kilogramos el metro cúbico.

Morteros.—Se llama arena *fina* aquella que sus granos no tienen más de 1 milímetro de diámetro; cuando éste se eleva de 1 á 3 milímetros se llama arena *gruesa*, y de 3 en adelante toma la denominación de *gravilla*.

Las arenas gruesas, de granos desiguales, son preferibles para los morteros de cal grasa; para los de cal hidráulica, las arenas finas, siempre que no estén en estado pulverulento, son de mejores resultados. Si la cohesión final de un mortero hidráulico en el que se haya empleado arena de un grueso medio se representa por 100, empleando arena gruesa desciende á 70 y á 50 si se emplea la gravilla.

En todo mortero deben entrar de 1,5 á 4 partes de arena por 1 de cal en pasta. Para las obras en que la impermeabilidad es indispensable, el volumen de cal no debe ser nunca menor que el de los huecos que quedan entre los granos de arena; el volumen del mortero es, por lo tanto, próximamente igual al de arena, excepto en los casos en que las moléculas de cal sean muy voluminosas é interponiéndose entre los granos de arena impidan el contacto en toda su superficie.

El volumen de los huecos que dejan entre sí los granos de arena se determina llenando de arena previamente desecada una medida de capacidad conocida y vertiendo sobre ella agua en cantidad suficiente para que ésta aparezca en la superficie de la arena; la cantidad de agua vertida es de un volumen igual al de los huecos ó vacíos de la arena que se ensaya. Para las arenas de río, cuyo grueso varía de 1/3 de milímetro á 1,5, se ha encontrado que el volumen de los huecos es de 0^{m3},31 á 0^{m3},38 por metro cúbico de arena ligeramente húmeda.

Si en la experiencia anterior la capacidad que contiene la arena se llena con colmo y luego se la comprime fuertemente hasta hacer que la arena enrase con sus bordes, el agua sale á la superficie y la cantidad que llena los huecos de la arena desciende á 0,18 ó 0,22 de su volumen.

Composición de un metro cúbico de morteros de buenos resultados.

	Cal.	Arena.	Cemento de tejas.	Puzolana	EMPLEO
	Apagada p. fusión. m³	De río. m³	m³	m³	
Cal grasa (no hidráulica)	0,370	0,950	»	»	Muros de cerramiento, cimientos de edificios
Idem íd. un poco hidráulica	0,340	»	0,820	»	Pisos de patios.
Idem íd. íd.	0,250	0,940	»	0,200	Estanques ó depósitos.
Idem hidráulica, muy enérgica	0,300	1,000	»	0,040	Trabajos hidráulicos.
Idem íd. ordinaria	0,333	1,020	»	»	Construcciones hidráulicas, depósitos
Idem íd. muy enérgica (Doué)	0,400	1,000	»	»	Trabajos de alcantarillado.
Idem íd. íd.	0,380	de playa 1,020	»	»	Mampostería ordinaria, obras militares.
Idem íd. íd.	inmers. 0,440	1,000	»	»	Enlucidos.
Idem íd. muy árida	0,100	1,000	»	»	Para confeccionar con los 0,100 de cal 0,340 de lechada (1).
Idem poco hidráulica, mortero enérgico	fusión 0,450	0,450	»	0,450	Mampostería ordinaria.
Idem hidráulica, íd. muy íd.	inmers. 0,480	1,000	»	»	Obras marítimas.
Mortero de cal hidráulica enérgica de Paviers	en pasta 0,550	1,000	»	»	Mampostería ordinaria fuera del agua.
Cal hidráulica (mortero muy enérgico)	0,650	1,000	»	»	Trabajos que han de resistir fuertes cargas de agua.

(1) Este mortero se emplea con un espesor de 0,30 ó 0,40 para comenzar la cimentación sobre un terreno falso.

Composición de un metro cúbico de algunos morteros de cal
(según L. Prudhomme).

	PROPORCIONES DE LA MEZCLA		VOLUMEN				EMPLEO
	De cal. . . .	De arena.. .	De cal. . . .	De arena de río.	De cemento de tejas.. .	De puzolana.	
	en pasta		m3	m3			
Cal ordinaria del Loira. . . .	1	2	0,50	1,00	»	»	Muros de cerca y de edificios.
Idem íd. del íd..	1	2	0,44	0,88	»	»	Idem íd.
Cal hidráulica de Beffes. .	»	»	0,40	0,90	»	»	Trabajos de canales y puentes.
Idem íd. de íd..	»	»	0,45	»	0,90	»	Contrarroscas de puentes.
Idem íd. de íd.	»	»	0,44	0,44	0 44	»	Trabajos hidráulicos.
Idem íd. de Echoisy..	1	1	0,33	1,00	»	»	Enlucido de estanques.
Idem íd de íd	»	»	0,33	0,80	0,20	»	Idem de íd.
Idem íd del Theil..	»	»	0,43	0,90	»	»	Fábrica de sillarejo y enlucidos.
	en polvo		en polvo				
Cal hidráulica de Paviers . .	4	5	0,72	0,90	»	»	Hormigón en contacto del agua, enlucidos rejuntados, mamposterías.
Idem íd. de Choisy.	3	5	0,60	1,00	»	»	(ídem, abarcado por la llave)
Idem íd. del Theil..	3	5	0,54	0,51	»	»	Hormigón, mampostería, sillarejo, sillería, etc.

PROPORCIONES PARA LOS MORTEROS DE ARENA MEZCLADA
(según Raucourt).

COMPOSICIÓN USUAL			VOLUMEN De arena. .	VOLUMEN De cal ó cemento. .	OBSERVACIONES
Hormigón ordinario..	Guijarros. . .	20	27	6+(*)	(*) Se añade una cantidad de cal igual á la mitad del aumento de volumen de la mezcla. Con las arenas finas, si el volumen de la mezcla aumenta, se añade un volumen de cal igual al de dicho aumento.
	Arena gruesa 1, Idem media.. 2, Idem fina. . . 4	7			
Mortero de gravilla. .	Gravilla.. . . 20, Arena media. 2, Idem fina.. . 4	. . .	26	6+(*)	
Mortero de arena gruesa.	Arena gruesa 20, Idem fina. . . 5	. . .	25	7	
Mortero de arena fina.	Arena media. 20, Idem fina. . . 5	. . .	25	7	

Para los fragmentos de piedra ó guijarros de $0^m,027$ á $0^m,04$ de diámetro, como los que se mezclan con el mortero para la fabricación del hormigón, el volumen de los huecos es 1/2 ó más que el del material; para arenas ó gravilla de $0^m,011$ á $0^m,014$ de diámetro, 1/2; para arenas gruesas de $0^m,002$ á $0^m,0045$ de diámetro, 5/12; para arenas medias de $0^m,001$ de diámetro, 2/5; para arenas finas de $0^m,00023$ de diámetro, 1/3, y para la arenilla y las tierras, 2/7.

Para los macizos de mampostería que no han de estar expuestos á una acción destructora ó á una carga de agua considerable hasta una época lejana, se puede emplear un mortero no muy hidráulico, que se obtiene con cal hidráulica débil y arena, ó bien empleando cal enérgica mezclada con cal grasa ó cemento ordinario. Si los morteros han de someterse á causas de degradación

desde el momento de su empleo, deben ser muy enérgicos y confeccionarse por lo tanto con cal muy hidráulica y arena, ó emplear la cal grasa ó débilmente hidráulica y arena ó puzolana y cemento romano. Para los morteros de cal grasa, Vicat aconseja la arena gruesa, de granos irregulares, áspera al tacto y empleando de 190 á 240 partes en volumen de arena por 100 de cal en pasta. La extinción seca de la cal es preferible á la extinción ordinaria; la fuerza del mortero es entonces próximamente 2/3 mayor, pero para volúmenes iguales de mortero es necesario emplear más cantidad de cal. Los morteros de cal grasa mejoran de calidad cuando sufren más de un batido.

Para los morteros en polvo son necesarios 3 volúmenes de cal en polvo por 5 de arena.

Para los morteros de cal hidráulica, Vicat aconseja que en el amasado, bien se haga con batidera, torno ó pisón, se emplee la menor cantidad de agua posible, siendo las proporciones más comúnmente empleadas 180 partes de arena por 100 de cal. Para los morteros que han de emplearse bajo el agua, para asegurarse de su eficacia, se aumenta la proporción media de cal en 1/6 á 1/5 de cal, y además se apisona el mortero. Para enlucidos y revoques que han de estar expuestos á la intemperie, se aumenta la dosis de arena; para el mortero hidráulico, la arena debe tener poco menos de un milímetro. Las arenas del Sena son muy gruesas; las del Garona, de la Dordogne, de Allier y del Loira son de buen tamaño. Las cales hidráulicas ganan al ser apagadas por el procedimiento ordinario; su cohesión aumenta en 1/5 para el caso de una inmersión constante. El mortero hidráulico debe amasarse bajo cubierto cuando la estación es lluviosa; cuando la arena está mojada, el total de cal se puede componer de 1/2 ó 1/3 de cal apagada en pasta y el resto de cal apagada en polvo. Cuando el tiempo es muy seco, es casi indispensable añadir agua para poder batir el mortero; la consistencia de éste después de batido debe ser tal que se sostenga en la paleta sin deformarse.

En algunos casos se emplea el mortero bajo la forma de lechadas, anegando con ellas hasta la superficie las juntas que se tratan de rellenar; pero es un procedimiento defectuoso, que disminuye la resistencia de las mamposterías en un 50 ó 30 por 100, según que la mampostería esté expuesta al aire ó sumergida en el agua. Si los materiales son absorbentes, como el ladrillo, deben regarse antes de su empleo, debiendo seguir el proverbio de trabajar con morteros secos y materiales mojados.

En la práctica, con la arena ordinaria de grueso medio se emplea:

1.° 300 kilogramos de cal por metro cúbico de arena en los morteros empleados en obras expuestas al aire.

2.° 350 kilogramos de cal por metro cúbico de arena para los morteros empleados en cimientos.

3.° 400 kilogramos de cal por metro cúbico de arena en los morteros empleados en obras hidráulicas.

Fabricación del mortero.—Los morteros deben emplearse después de algunas horas de haberse fabricado.

Manipulación á brazo.—Sobre un piso preparado con tablones se depositan tres carretones (de 5 á 8 centésimas de metro cúbico) de arena, haciendo tomar á la misma la forma de un depósito circular, en el cual se vierte la cantidad conveniente de cal en pasta, mezclando luego ambas sustancias con ayuda de la batidera. Se debe algunas veces reblandecer la pasta con ayuda de pisones antes de servirse de las batideras, ó añadir á la pasta una pequeña cantidad de agua en la que se haya disuelto previamente un poco de cal.

Si la cal está en polvo, se extiende sobre el suelo de tablones una capa de $0^{m},10$ de este polvo y se añade de 30 á 40 litros de agua por cada hectolitro de cal, batiendo la pasta con las batideras, pisones y palas hasta que resulte perfectamente homogénea. Con la cal en polvo se opera también mezclando en seco la

cal y la arena, regando después el todo y concluyendo con el batido en la forma dicha anteriormente.

Manipulación mecánica.—Esto se efectúa por medio de un malacate de tres ruedas movido por dos caballos. Se pone en la artesa la cantidad de cal necesaria para una masada, haciendo dar algunas vueltas á las ruedas del malacate, á fin de reblandecerla, y sin parar el malacate se va echando con la pala la arena necesaria al paso de las ruedas y á medida que la mezcla se opera.

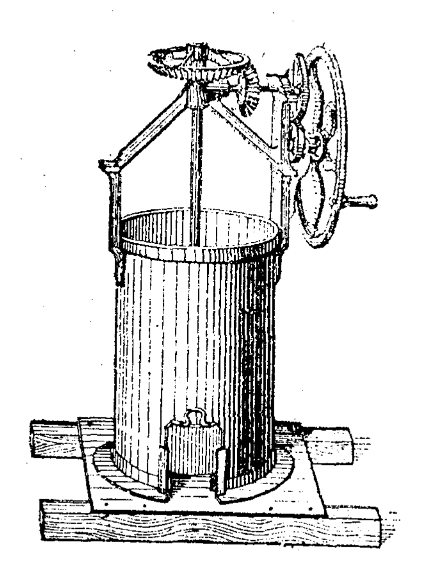


Fig. 32.

Una compuerta de madera hace caer el mortero en un carro dispuesto al efecto. Se puede hacer $0^{m},90$ de mortero por cada masada, y la manipulación queda terminada en veintidós minutos. En diez horas se pueden fabricar $24^{m3},60$ de mortero por cada malacate.

La fabricación mecánica del mortero se hace más á menudo empleando toneles de madera de encina Bernard (fig. 32), de $1^{m},50$ de alto, ligeramente ensanchados en la parte superior, cerrados por la base y llevando lateralmente y en su parte inferior una abertura que se cierra á voluntad con una puerta de corredera. En las paredes del tonel, y á diferentes alturas, se fijan travesaños de fundición cortantes y armados de dientes. Un árbol

vertical, situado en el eje del tonel, lleva tres travesaños armados también de dientes que se cruzan con los primeros.

En los toneles Roger el mortero sale, una vez fabricado, no solamente por una puerta lateral, sino también por dos aberturas practicadas en el fondo del tonel. Una locomóvil de 4 caballos de fuerza puede maniobrar dos toneles que produzcan cada uno al día 30 metros cúbicos de mortero.

El aparato Greveldinger exige que la cal esté apagada en polvo, y se emplea para los morteros de cemento de fraguado lento, y algunas veces para los de fraguado rápido, pero siempre para fabricar grandes cantidades de mortero.

Este aparato está formado de una tolva ó embudo de madera ó hierro, en el que se echa con la pala la mezcla del cemento, cal y arena en seco. Un distribuidor de eje vertical, que se mueve sobre el fondo horizontal de la tolva, hace salir de una manera continua la mezcla por una abertura lateral, que se gradúa por medio de una compuerta, cayendo ésta en la extremidad de una artesa horizontal de madera ó hierro, en la que se mueve un tornillo de Arquímedes de $1^m,55$ de largo y $0^m,17$ de diámetro en la extremidad de las espiras, que son 14 y están formadas por una hoja de palastro. Encima de la misma extremidad de la artesa hay dispuesto un tubo de hierro agujereado convenientemente y destinado á distribuir, á manera de regadera, el agua necesaria para la confección del mortero. Al girar el tornillo obliga á la masa á seguir sus espiras, y cuando llega, pasando por todas ellas, á la otra extremidad de la artesa, cae ya bien batida y reducida á mortero. El eje del tornillo tiene dos poleas, una de ellas loca, que sirven, con ayuda de una correa, para transmitir el movimiento de una locomóvil de 1/2 caballo de fuerza.

Además dicho eje lleva también en su extremidad un piñón cónico que engranado con una pequeña rueda cónica, montada sobre el eje del distribuidor, pone aquél en movimiento; para la

relación de velocidades, el diámetro de esta rueda suele ser doble del que tiene el piñón con el que engrana.

Coste líquido de la fabricación de un metro cúbico de mortero (según A. Debauve).—1.° *Con batidera.*— Un obrero fabrica un metro cúbico de mortero por día con una batidera que cuesta 10 francos por año, comprendidos los gastos de adquisición, amortización y entretenimiento; además hace falta un vigilante por cada diez hombres que se tenga en trabajo.

El precio, por tanto, será:

1 jornal de obrero	3,50
1/10 de jornal del vigilante	0,50
Gasto de útiles	0,02
Total	4,02

2.° *Con malacate de ruedas.*—Un aparato de esta clase puede establecerse por 600 francos, comprendiendo los soportes de mampostería, etc.; da un rendimiento de 24 metros cúbicos de mortero por cada jornada de diez horas. El gasto total diario se descompone de la manera siguiente:

Jornal de 2 caballerías	12,00
— de 1 conductor	4,00
— de 6 obreros, á 3 pesetas	18,00
1/10 de jornal de 1 jefe de taller	0,60
Gastos de entretenimiento de cubos, rastros, etc.	0,30
Interés y amortización del capital importe del aparato	2,00
Total	36,90

que dividido por 24 da 1,50 franco por precio del coste de 1 metro cúbico de mortero.

3.° *En tonel movido á brazo.*—Este aparato, de las dimensiones de 0,60 de diámetro por 0,80 de altura, cuesta 350 pesetas y produce 10 metros cúbicos por día.

El precio del metro cúbico será:

4 hombres, á 3,50 pesetas.	14,00
1/10 de jornal del vigilante.	0,50
Interés y amortización del capital (20 por 100 sobre 250 días de trabajo).	0,28
Total.	14,78

que dividido por 10 da 1,48 por metro cúbico.

4.° *En tonel movido por caballería.*—Este aparato produce 20 metros cúbicos por día.

El precio será:

1 jornal de caballería.	6,00
4 ídem de obrero.	14,00
1/10 de ídem del vigilante.	0,50
Interés y amortización.	0,32
Total.	20,82

que dividido por 20 da 1,05 el metro cúbico.

5.° *Con tonel movido por vapor (locomóvil de 4 caballos).*—Produce 50 metros cúbicos al día.

Alquiler de la locomóvil.	5,00
Interés y amortización del tonel.	0,70
Engrasado, encendido y limpieza de la máquina.	3,90
Maquinista.	5,00
6 obreros, á 3,50 pesetas.	21,00
Carbón de piedra, 125 kilogramos á 0,40 pesetas.	5,00
Total.	40,60

que dividido por 50 da 0,80 por metro cúbico.

6.° *Con el amasador Coignet.*—La mezcla de materias puede hacerse con el amasador. El de Coignet, produce en doce horas 40 metros cúbicos de hormigón y 60 de mortero. Para la maniobra del aparato son necesarios 2 hombres y 3 para acercar materiales y llenar las vagonetas. El precio del mortero será:

Mano de obra.

4 hombres, á 4 pesetas.	16,00
1 hombre, á 5 íd.	5,00
Total por metro cúbico por día. . . .	21,00

O sea por metro cúbico 0,42.

Fuerza motriz.

1 fogonero.	6,00
200 kilogramos de carbón.	5,00
Aceite, algodón, etc..	3,00
Total por 50 metros cúbicos.	14,00

O sea por metro cúbico 0,28.

Resumen.

Mano de obra..	0,42
Fuerza motriz..	0,28
Conservación de los aparatos..	0,10
Total por metro cúbico.	0,80

Precio total de los morteros.

(Mano de obra, adquisición de materiales, beneficio del contratista, etc.)

Mortero de cal hidráulica, formado de 250 kilogramos de cal y de 1 metro cúbico de arena, el metro cúbico..	21 pesetas.
Mortero de cal eminentemente hidráulica del Theil, formado de 350 kilogramos de cal y 1 metro cúbico de arena.	25 —

Mortero de cemento de Vassy, el metro cúbico.	33,00	pesetas.
Mortero de cemento de Portland, íd. íd. .	37,00	—
Mortero de cemento de escoria, íd. íd. . .	30,50	—

El precio del mortero se deduce fácilmente en cada caso, teniendo en cuenta el coste de la cal y de la arena al pie de obra y de la cantidad de ambos materiales que han de entrar en la confección de 1 metro cúbico.

Para un mortero que estuviera formado por 350 kilogramos de cal, que al pie de la obra valga 30 pesetas la tonelada, y 0^{m3},95 de arena, que en iguales condiciones cueste á 6 pesetas el metro cúbico, el precio del mismo resultaría:

350 kilogramos de cal, á 0,30 kilogramo.	10,50
0^{m},95 de arena, á 6 pesetas.	5,70
Mano de obra, suponiéndolo fabricado en tonel movido á brazo.	1,50
Total.	17,70

Morteros á la sosa.—Las heladas interrumpen generalmente la ejecución de las fábricas; ya dijimos que el empleo del agua caliente hace posible la fabricación del mortero en todas las estaciones, pero una vez empleado, estando todavía fresco y sometido á una baja temperatura, se desagrega y pierde definitivamente la propiedad de fraguar.

Se puede remediar este inconveniente mezclando al agua sustancias solubles que hagan descender su punto de congelación. Mr. Ch. Rabut ha ensayado, en 1885, el alcohol y la sal marina, y de 1891 á 92 la sosa del comercio, permitiéndole ejecutar estas fábricas con morteros de cal y de cemento á temperaturas de 10 y 15° bajo cero. Dicho señor ha empleado el carbonato de sosa anhidro obtenido por el procedimiento Solvay. Se disuelve el carbonato en calderas á 30°, empleando 1 kilogramo de carbonato

por cada 5 litros de agua; luego, en toneles ó albercas, se mezclan volúmenes iguales de agua ordinaria y de la solución anterior, que queda en un grado de concentración suficiente, y de allí se va tomando á medida que hace falta para confeccionar el mortero. Una caldera de 100 litros es suficiente para diez albañiles.

La concentración á que en definitiva queda la solución de sosa es de 1 kilogramo de carbonato por 10 de agua, y su empleo se hace ordinariamente á 10 ó 12 grados de temperatura. En la confección del mortero, la proporción de agua ordinaria para una cal y una arena dadas debe aumentarse en 1/4. La arena helada en la superficie de los montones debe pulverizarse con cuidado, y además es conveniente que los albañiles empleen guantes de goma.

El aumento de gasto debido al empleo de la sosa por metro cúbico de mampostería ordinaria, con mortero de cal en las proporciones corrientes, puede evaluarse de la manera siguiente:

Carbonato, 10 kilogramos á 0,20 pesetas.	2,00
Carbón, 2 1/2 kilogramos á 0,04 íd.	0,10
Material.	0,05
Mano de obra, 1/10 de jornal.	0,35
Total.	2,50

Este aumento es despreciable en proporción al que sufren los gastos generales y otros inconvenientes que lleva consigo la paralización de los trabajos en invierno.

La adición de sosa acelera además el fraguado del mortero á cualquier temperatura.

Mortero de tierra.—El mortero de tierra es el menos resistente de todos, pero también es el más económico y el más simple. Se confecciona con tierra lo más arcillosa posible, bien sola ó mezclada con paja ó heno, construyéndose con esta clase

de mortero las mamposterías ordinarias de pequeña importancia y algunas fábricas de ladrillo.

La arcilla se cava fácilmente con el azadón, y para fabricar el mortero se extiende sobre una pequeña era convenientemente preparada, regándola después con suficiente cantidad de agua para reducirla á pasta por el batido, que se ejecuta con la pala y el azadón y también con la batidera.

Para que el mortero de tierra no se reblandezca y queden al abrigo de la lluvia y humedad las fábricas que con él se construyen, se las recubre, cuando el mortero está seco, de un enlucido de cal ó yeso. Esta clase de fábrica se emplea para obras toscas, cobertizos, casas de campo y muros de cerca, en los países en que los materiales de construcción son escasos.

También se confecciona este mortero con una tierra franca, compuesta de arcilla y una fuerte dosis de arena, empleándole exclusivamente para la construcción de las fábricas de ladrillo que han de someterse á la acción del fuego (hornos de máquinas de vapor, etc.).

El *mortero de tierra de hornos,* de que se sirven los fumistas, es un mortero de tierra en la proporción de 2/5, mezclado con 2/5 de tierra caliza y 1/5 de arena.

El **agua** *que se emplee para la extinción de la cal y fabricación del mortero debe ser muy pura.* La de río es preferible á la de filtración ó de pozos. En su defecto puede emplearse el agua de fuente no siendo mineral. Las aguas selenitosas (que son las que contienen sulfato de cal) son muy malas, porque retardan y hasta impiden la solidificación de los morteros. Se atenúan los defectos de la crudeza de las aguas de pozo dejándolas expuestas al aire durante algún tiempo. Las aguas de pantanos y las que discurren por las calles deben desecharse. El mortero fabricado con agua de mar tiene una desecación muy lenta, y cuando ésta tiene lugar se producen en la superficie de las fábricas eflorescencias salinas que hacen se proscriba su empleo en la construcción

de edificios; pero en las construcciones marítimas este defecto no tiene importancia, y puede emplearse en muros de muelles, etcétera.

El agua de mar disminuye también el entumecimiento de la cal. hasta tal punto que 1 metro cúbico de cal grasa, que apagada por fusión en agua dulce produce 2 metros cúbicos de cal en pasta, produce sólo 1^{m3},50 si se apaga en las mismas condiciones con agua de mar. Por lo tanto, empleando volúmenes de pasta de cal iguales resulta para los morteros en que ésta ha sido apagada con agua de mar un exceso de cal que es perjudicial á la bondad de los mismos.

Hormigón.—El hormigón es una mezcla de mortero y guijarros ó piedra partida, cuyas dimensiones sean de 3 á 6 centímetros de lado. El hormigón es graso ó árido, según que la proporción de mortero que contenga sea excesiva ó débil, ó mejor dicho, según que el mortero llene todos ó sólo parte de los vacíos que dejan entre sí las piedras que lo componen.

Estos vacíos se determinan como para la arena, llenando de piedras una vasija de capacidad conocida y vertiendo luego agua hasta que ésta enrase con la superficie; el volumen de agua vertida es igual al de los huecos, siempre que las piedras no sean absorbentes; si tuvieran esta condición, antes de proceder á la determinación de los huecos por el procedimiento indicado se las sumerge previamente en agua hasta que absorban toda la cantidad de que sean susceptibles, según su naturaleza.

En un metro cúbico aparente de guijarros de diversos tamaños mezclados entre sí, pero que ninguno sea mayor de 0^{m},05, el volumen de los huecos es de 0^{m3},38; para la piedra partida y los guijarros de tamaño uniforme, que no pasan de 0^{m},05 de lado, el volumen de los huecos se eleva á 0^{m3},46.

Para obtener un hormigón en el que los huecos entre los guijarros estén rellenos, el volumen del mortero debe ser 1/4 mayor

que el de los huecos para resistir á la presión del agua en los muros de cimientos.

CLASES	Mortero.	Piedra machacada de menos de 0,05 de lado.. .	EMPLEOS
	m³	m³	
Hormigón graso. . . .	0,55	0,77	Zampeados, estanques, etc., sometidos á una presión de agua considerable.
Idem ordinario.	0,52	0,78	Obras de fábrica de mampostería en agua con agotamientos.
Idem íd.	0,48	0,84	Fundaciones de puentes, de muros, de muelles, etc.
Idem un poco árido.. .	0,45	0,90	Fundaciones de edificios en terrenos húmedos y movedizos.
Idem árido.	0,38	1,00	Macizos, fundaciones, etc., en te-
Idem muy árido. . . .	0,20	1,00	rrenos secos y movedizos.
Idem ordinario.	0,50	1,00	Bloques artificiales, hechos con mortero de cal del Theil, para puertos.
Idem medianamente graso.	0,56	0,90	Lanzado en recintos desecados.
Idem muy graso. . . .	0,57	0,85	Sumergido fresco en el mar.

Los hormigones son más resistentes y más económicos que las mamposterías ordinarias.

Se los emplea en seco, moldeándolos con objeto de hacer grandes bloques artificiales.

Una mezcla de 1 parte de cal en polvo por 5 de arena da un mortero muy árido, pero económico y utilizable para cimientos sobre mal terreno.

Cuando el hormigón no se destina á resistir la presión del agua, como sucede en los cimientos que se encuentran por cima del nivel de la misma, no hay necesidad de que sea impermeable, basta que sea incompresible y que resista á la rotura; en este caso,

el volumen del mortero puede ser igual y aun inferior al de los huecos de los guijarros ó piedras partidas que lo componen.

Si los guijarros son muy pequeños, en vez de mezclar mortero se agrega cal apagada; esta mezcla produce un excelente hormigón.

Con un hormigón árido formado con gravilla mezclada con 1/7 de su volumen de cal hidráulica apagada se obtiene una toba artificial que, sometida á la presión del agua, resulta impermeable hasta para cargas de agua de $0^m,40$; sometido á una presión mayor, el agua empieza á filtrarse; su precio es próximamente la mitad que el de los hormigones ordinarios.

Se puede activar el fraguado de los hormigones mezclándoles puzolana ó cemento romano.

En el hormigón se sustituyen con frecuencia los guijarros por desperdicios de cantera, ladrillos triturados, etc., poniendo también puzolana natural ó artificial, strass, arcilla ó esquistos calcinados.

El *hormigón aglomerado Coignet* se forma con cal y arena, frecuentemente con adición de materias extrañas [1].

El *hormigón de coaltar* se obtiene mezclando en caliente piedras y arenas con residuos del alquitrán de hulla.

El *hormigón de asfalto* es una mezcla de 5 por 100 de betún fundido con 95 por 100 de mástic asfáltico partido.

Se construyen *piedras* artificiales con hormigón para obtener grandes bloques, que se emplean en cimentaciones de escolleras, muelles, malecones, etc.

Fabricación.—El hormigón puede fabricarse á brazo, por medio de una rastra de hierro con tres dientes (fig. 33) y también á máquina.

Para la fabricación á brazo con el útil arriba mencionado se llenan tres carretones de guijarros y dos de mortero, echando al-

[1] Véase el tomo III, *Fábricas en general.*

ternativamente el contenido de estos carretones sobre un suelo previamente entablonado, empezando por una carretonada de guijarros. Hecho esto se remueve el montón así formado con la pala y después con las rastras se le extiende de nuevo, y así se continúa hasta que los guijarros se envuelvan enteramente con el mortero. Para fabricar 1 metro cúbico de hormigón se necesitan siete horas y media, y el precio de la operación es próximamente de 2,86 pesetas.

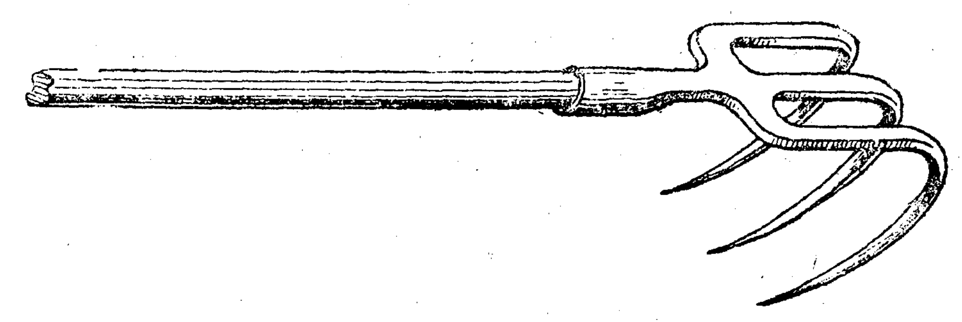


Fig. 33.

La fabricación mecánica se ejecuta por medio de máquinas llamadas *hormigoneras*; las de empleo más frecuente son:

La *hormigonera de cajones*, formada por 10 cajas, necesita para su manejo igual número de hombres y puede fabricar 35 metros cúbicos de hormigón en diez horas, resultando á 2,63 pesetas el metro cúbico.

La llamada *caja-colador de hormigón* (3 metros de altura) da el metro cúbico de hormigón á 1,57 pesetas, pero no puede emplearse más que para trabajos de importancia.

Una variante de la anterior es la llamada *hormigonera Schlosser* (fig. 34), que puede fabricar 1 metro cúbico de hormigón en tres horas y cuarenta minutos por el precio de 1,40 pesetas el metro cúbico, no estando comprendidos los precios de elaboración del mortero, puesta al pie de obra, etc. Una hormigonera de este sistema compensa los gastos de instalación cuando hayan de fabricarse más de 100 metros cúbicos de hormigón. Una hor-

migonera de 200 pesetas puede fabricar 50 metros cúbicos en diez horas. El mortero y la piedra, al caer, van chocando con los planos inclinados de la hormigonera y llegan al fondo perfectamente mezclados.

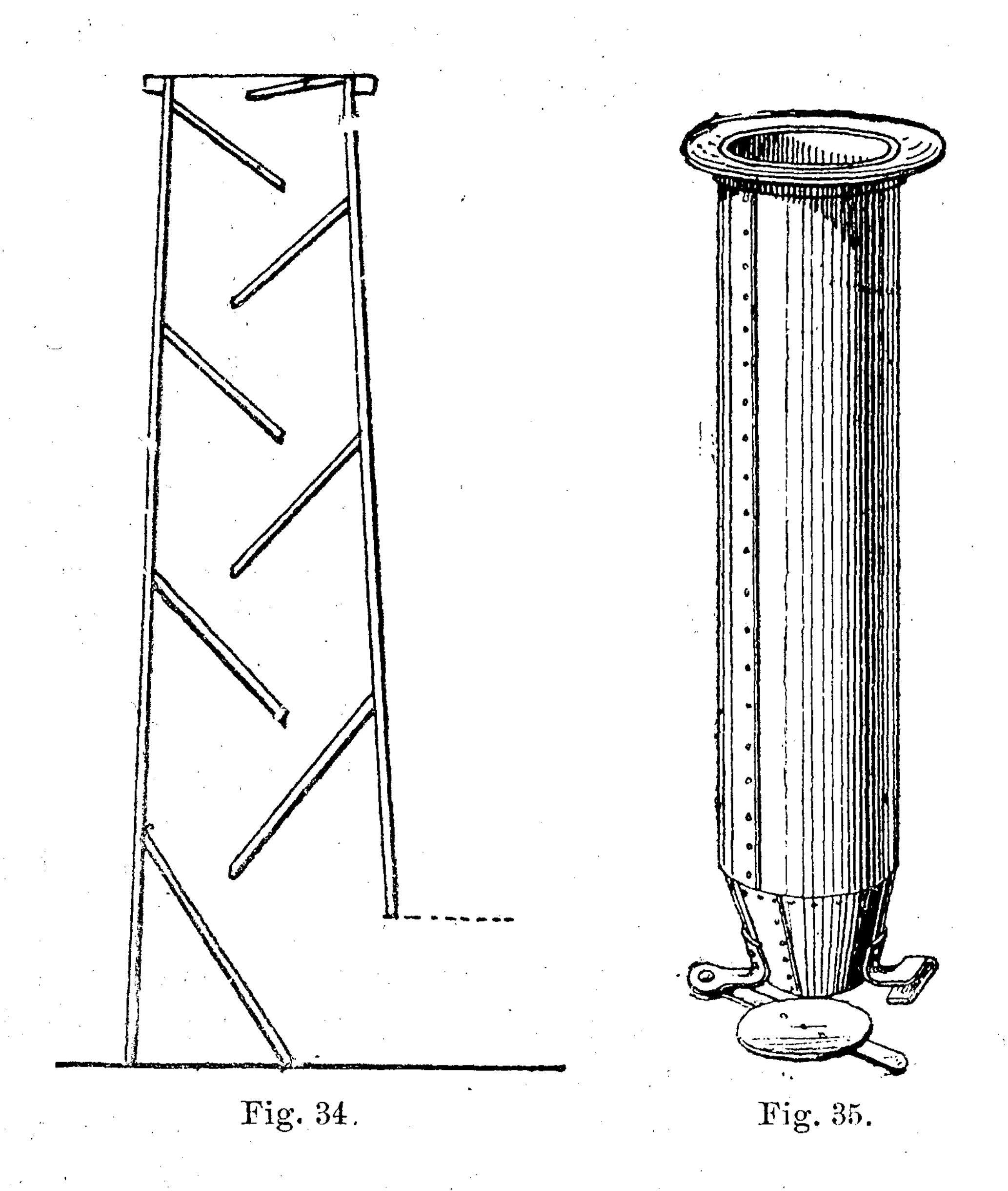


Fig. 34. Fig. 35.

El transporte del hormigón al pie de la obra se hace por medio de carretones, vagonetas y cubilotes (cajas rectangulares de madera), en los cuales se vierte el hormigón para elevarlo del nivel superior de una excavación á los distintos niveles donde su empleo es necesario.

Empleo.—El hormigón se extiende en capas de $0^m,20$ á $0^m,25$

de espesor. Cada capa se allana y apisona, teniendo cuidado antes de esto de rebajar la superficie de las capas inferiores para unirlas con las nuevas sin solución de continuidad.

Para emplear el hormigón bajo el agua se le conduce á través de ella, colocándole en recipientes llamados tolvas (fig. 35), caja de inversión (fig. 36) y caja de fondo móvil (fig. 37).

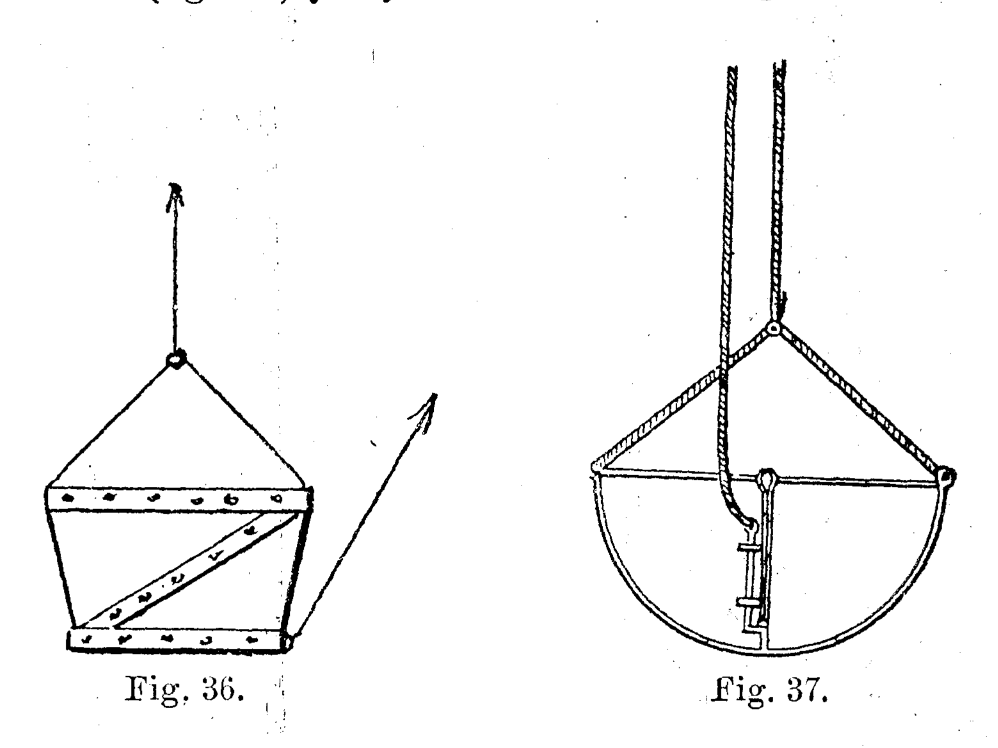


Fig. 36. Fig. 37.

La tolva es un tubo de palastro de $0^{m},05$ de diámetro y de longitud variable. El aparato se lleva hasta el punto de su empleo por medio de una lancha, vertiéndose el hormigón en el embudo y cayendo en el emplazamiento deseado. Durante la caída, el hormigón pierde algo de su cohesión.

Las cajas de inversión se construyen de palastro ó madera, tienen la forma de tronco de pirámide invertido y su capacidad es próximamente 1 metro cúbico. Se suspenden de una cuerda que se arrolla á un torno que va colocado en la lancha, y otra cuerda permite hacer bascular la caja cuando ésta llega á la profundidad deseada.

Las cajas de fondo móvil son de palastro y están formadas por dos cuartos de cilindro reunidos por un eje común. Su ajus-

te se asegura por medio de una clavija. Cuando llega la caja á la profundidad necesaria se quita la clavija, tirando al efecto de la cuerda á que va unida, y entonces se separan los dos cuartos de cilindro, dejando paso al hormigón.

Morteros empleados en el mar.—El agua del mar, independientemente de la sal marina ó cloruro de sodio, que contiene en cantidades de 25 á 28 milésimas, tiene además magnesia al estado de cloruro ó de sulfato, cloruro de potasio, cal en estado de sulfato ó de cloruro, ácido carbónico disuelto (en la proximidad de las costas), sales amoniacales, materias animales en suspensión ó disolución, etc.

Si en el agua de mar se echa agua de cal se produce sulfato de cal y cloruro de calcio, mientras que la magnesia libre se precipita.

El mismo hecho se observa cuando se sumerge en agua de mar un mortero fresco, bien sea de cal, cemento ó puzolana, y aun si la inmersión tiene lugar en cierto grado de dureza ó fraguado, cuando el ácido carbónico no ha obrado sobre sus superficies. Esto demuestra que la afinidad de los ácidos clorhídrico y sulfúrico (cloruros y sulfatos alcalinos y alcalino-térreos del agua del mar) por la cal, no sólo es lo suficientemente enérgica para producir estos efectos, sino que también lo es para separar la cal de sus combinaciones con la sílice y la alúmina. Sin embargo, todos los morteros no son igualmente atacados; algunos pueden conservar una pequeña parte de su cal.

Las construcciones en el mar cuyo resultado ha sido más satisfactorio se han ejecutado con morteros de puzolana natural muy enérgica, pues los morteros compuestos de cales grasas, puzolana artificial y arena, se han reblandecido después de un tiempo más ó menos largo. Se emplea también con éxito un mortero compuesto de arena de playa y cal artificial (cemento), de segunda cocción y de una gran energía. Empleando el cemento artificial

de primera cocción, compuesto de creta y arcilla (Portland), se han obtenido resultados superiores á los de las puzolanas.

Las proporciones de cal, cemento y arena que deben entrar en la composición del mortero destinado á emplearse en trabajos marítimos deben establecerse de manera que la cantidad de pasta de cal sea aproximadamente igual al volumen de los espacios vacíos que queden entre los granos de arena, cuando se trata de morteros ú hormigones que no han de sumergirse hasta después de fraguados en el aire, y si, por el contrario, la inmersión debe ser inmediata, se debe aumentar la cantidad de pasta en un 15 por 100 aproximadamente, á fin de evitar la pérdida que se produce por el desleimiento y formación de lechadas.

Para las fábricas de hormigón ó de mampuestos, la cantidad de mortero debe reducirse á la estrictamente necesaria para envolver y unir entre sí la piedra machacada ó los mampuestos. Para el hormigón, esta cantidad no excederá del volumen de los huecos que dejan entre sí las piedras que lo componen, aumentada en 1/10 próximamente cuando se trata de una inmersión inmediata.

En las fábricas de mampostería concertada ó de sillarejos se ha observado que los mampuestos cuya junta de mortero de cal muy poco hidráulica no excedía de 2 á 3 milímetros de espesor eran susceptibles de quedar indefinidamente unidos aunque se sumergieran en el agua de mar, una vez fraguado el mortero en el aire; mientras que si el espesor de dicha junta llegaba á 1 centímetro, la descomposición del mortero se iniciaba á los quince ó veinte días de haberle sumergido, separándose los mampuestos.

Luego se preferirá siempre para los trabajos marítimos las fábricas de mampostería á las de hormigón, siempre que esta última no sea preciso sumergirla antes de fraguar el mortero.

METALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN [1]

Hierro.—El hierro adquiere cada día más importancia en la construcción, donde se emplea sobre todo en las partes horizontales, mientras que las verticales se ejecutan de mampostería; el hierro y sus aleaciones se combinan frecuentemente con el hormigón de cemento para pisos, etc. [2].

El *hierro dulce* es el más puro y el más dúctil; su textura es granular, convirtiéndose en fibrosa por el laminado.

El *hierro duro* es frágil; la sílice que contiene le hace frecuentemente romperse en frío.

El *hierro fuerte* resiste bien á todos los esfuerzos.

El *hierro quebradizo en frío* generalmente es duro y frágil, á causa de la presencia del fósforo.

El *hierro escogido* posee las cualidades y defectos de los hierros dulces y duros; contiene con frecuencia azufre y alguna vez arsénico.

El hierro *rouverain* ó hierro quebradizo en caliente es dulce y dúctil y en frío se dobla, pero no es susceptible de presentar aristas finas; su rotura es generalmente fibrosa y es difícil de soldar, poco resistente, muy oxidable y se forja al rojo blanco.

El hierro agrio se rompe en frío al doblarlo ó golpearlo; se suelda bien, pero es muy duro á la lima.

Los principales defectos de los hierros son los *pelos* ó *pajas*, que son huecos cilíndricos que dejan las burbujas de aire que no

[1] Para la metalurgia, véase *Notes et formules de l'Ingénieur* (11.ª edición, 1897).

[2] Véase el tomo VI, *Construcciones metálicas*.

ha podido escapar al forjarse la barra; las *dobladuras*, que consisten en soluciones de continuidad en el interior de la masa; las *grietas*, que son producidas por la interposición de algún cuerpo extraño que luego se desprende, quedando su huella en el hierro; las *escamas*, pequeñas hojuelas que se desprenden al martillar las barras, y las *manchas* y *vetas*, que son zonas en forma de lunares ó fajas de distinto color que el resto del metal, y que acusan la presencia del arsénico, azufre, fósforo, etc.

La textura fibrosa del hierro es preferible á la granular ó cristalina.

El *hierro forjado* es de color gris claro, de fractura fibrosa, presentando el aspecto de puntos finos y brillantes; su tenacidad es muy grande y variable, según el grado de pureza. Los hierros cuya sección transversal es rectangular son preferibles á los de sección cuadrada.

Esta clase de hierro es poco susceptible de oxidarse en contacto del aire húmedo, sobre todo si no ha sido limado; cuando se empotra en yeso se oxida mucho, mientras que si el empotramiento es en mortero de cal ó cemento casi no se oxida.

Una barra de hierro forjado de $1^{m},94904$ de longitud sufre un alargamiento de $\frac{1}{1.838}$ de la misma pasando de la temperatura de congelación á la del agua hirviendo, es decir, por 100 grados centígrados, ó sea $\frac{1}{147.064}$ por grado por término medio.

El hierro se emplea para cadenas, tirantes, anclas, estribos, clavazón, en cerrajería, pisos, soportes y columnas.

El *hierro laminado* sirve para la fabricación del palastro, hoja de lata, etc. (calderería).

Para asegurarse de la calidad del hierro puede hacerse la *prueba en frío* rompiendo una barra. Si la fractura es fibrosa y presenta una porción de filamentos, el hierro es bueno y tenaz; pero si es cristalina ó con facetas, el hierro es malo y quebradizo.

Si después de haber empezado á cortar con un cincel ó lima una barra se la coloca apoyándola sobre dos durmientes separados uno de otro, y se golpea con un martillo sobre la sección iniciada, si la barra se dobla, y para su rotura es necesario doblarla varias veces, *el hierro es dulce*, y si produce calor al romperse, es otro indicio de que el hierro es de buena calidad.

Si al golpearlo se quedan señalados los golpes, aplastándose la barra, se deduce que será dulce, por lo menos en frío. El hierro agrio se rompe en seguida, y en el sitio de la rotura no se produce calor sensible.

El hierro absorbe el oxígeno á temperatura elevada y descompone el agua cuando está al rojo, fijando este gas.

Los hierros del Franco Condado son los más estimados; el Berry y Allier dan hierros muy nerviosos y muy fuertes. El Ariège y los Pirineos dan buenos hierros. El Este produce hierros de mediana calidad, y en los trabajos esmerados se prefieren los hierros de Suecia.

Tres centímetros cúbicos de hierro de Berry pesan 153,12 gramos; 33 centímetros cúbicos pesan 243,682 kilogramos y forjado 283,925, á causa de la compresión sufrida. La densidad del hierro á la temperatura ordinaria es 7,6 á 7,8.

Este metal entra en fusión á los 1.500 ó 1.600 grados, y á esta temperatura se le puede soldar fácilmente. La *arena* fina se emplea como fundente para preservar las soldaduras y para evitar que al estar en contacto con el carbón se quemen éstas.

La *hoja de lata* de Commentry, 325 milímetros por 244, se vende de 22 á 25 pesetas la caja de 150 hojas, que pesa 31 kilogramos. La caja de 50 hojas de 1 $\times$ 406 se vende de 49 á 57 pesetas y pesa 64 kilogramos.

En España, los precios corrientes de varios metales de construcción, puestos á bordo en la ría ó sobre vagón en la estación de Bilbao, son los que damos á continuación:

Metales, chapas y tubos.—*Hierro forjado.*

CLASES	DIMENSIONES	Precio por cada 100 kilogramos.
Cuadrado	Hasta 0,012	32 pesetas.
	De 0,012 á 0,075	29 —
	Gruesos	Convencional.
Redondo	Hasta 0,012	32 pesetas.
	De 0,012 á 0,075	29 —
	Gruesos	Convencional.
Pletinas	De 0,010 á 0,029 × 0,004 á 0,011	32 pesetas.
	De 0,030 á 0,115 × 0,004 á 0,007	32 —
	De 0,030 á 0,115 × 0,007 á 0,011	29 —
Flejes	De todas dimensiones	34 —
Llantas	De íd. íd.	29 —
Angulos y tes	De íd. íd.	34 —
Pasamanos y medias cañas	De íd. íd.	34 —
Planos anchos	De 0,120 á 0,200 × 0,010	32 —
	De 0,200 á 0,300 × 0,010	34 —
	De 0,300 en adelante	35 —
Viguetas	De 0,080 á 0,140	25 —
	De 0,160 á 0,200	25 —
	De 0,220 á 0,260	30 —
	De 0,300 á 0,320	30 —
Balaustres	De hierro dulce recto núm. 3	38 —
	De íd. íd. íd. núm. 4	38 —
	De íd íd. curvo núm. 31	62 —
Chapas de hierro	Del núm. 29 y 30 de primera clase	70 —
	Del núm. 28 de íd.	64 —
	Del núm. 25 al 27 de íd	60 —
	Del núm. 21 al 24 de íd.	58 —
	Del núm. 19 al 20 de íd.	56 —
	Del núm. 15 al 18 de íd.	56 —
	De 0,002 y más de íd.	54 —
	Del núm. 29 y 30 de segunda clase	60 —
	Del núm. 28 de íd.	54 —
	Del núm. 25 al 27 de íd.	50 —
	Del núm. 21 al 24 de íd.	48 —
	Del núm. 19 al 20 de íd.	40 —
	Del núm. 15 al 18 de íd.	40 —
	De 0,002 y más de íd.	38 —
Medias cañas	De todas dimensiones	35 —
Hierros alomados y pasamanos	Idem íd.	35 —
Palastro plano	De 0,160 × 0,005 á 0,010 metros	38 —
Palastro ondulado	De todas dimensiones	39 —
Hierros de bastidores para vidrieras de doble rebajo (1)	De 30, 33, 10, 4.	40 —
	De 31, 26, 14, 6.	
	De 40, 27, 14, 5.	
	De 42, 25, 14, 7.	
Hierros de bastidores, forma de cruz (2)	De 32, 32, 4, 5.	40 —
	De 35, 35, 4,5, 6,5.	
	De 35, 34, 5, 7.	

(1) Las dimensiones, expresadas en milímetros, son: 1.ª, la altura; 2.ª, la anchura; 3.ª, la altura desde el paramento de molduraje hasta los rebajos; 4.ª, el grueso del vástago.

(2) Las dimensiones, expresadas en milímetros, son: 1.ª, la altura; 2.ª, la anchura; 3.ª, el espesor de los brazos menores de la cruz; 4.ª, el espesor de los brazos mayores.

Precios corrientes por 100 kilogs. de hierros y aceros laminados.

CLASES	DIMENSIONES EN MILÍMETROS		Precio (1).
Redondos, cuadrados, hexágonos y octógonos.	6 y 7	»	30 ptas.
	8 y 9	»	29
	10 y 11	»	28
	12 á 75	»	26
	76 á 90	»	27,50
	91 á 120	»	29
	121 á 140	»	31
	141 en adelante.	»	Convencional.
Flejes.	12 á 19	»	30,50 31,50 32,50
	20 á 29	»	30 31 32,50
	30 á 75	»	28,50 29,50 30,50
	76 á 104	»	30,50 31,50 32,50
	110, 116, 120, 127, 139	»	31 32 33
	150	»	32
Pletinas.	10 á 19	4 á 6	29
	10 á 19	7 á 10	28
	20 á 29	4 á 6	28
	20 á 29	7 á 10	27
	30 á 115	4 á 6	27
	30 á 115	7 á 10	26
Llantas y planos..	16 á 115	11 arriba.	26
	120 á 160	6 íd.	27,50
	170 á 210	6 íd.	29
Cortadillos cuadrados. . . .	4 y 5	»	31,50
	6 y 7	»	30
	8 á 15	»	29
Idem planos.	11 á 35	4 á 12	27,50
Ángulos.	24 á 44 de lado.	»	29
	44 en adelante.	»	27
Tes sencillas..	24 á 44	»	30
	44 en adelante.	»	29
Pasamanos			27,50
Medio redondos y almendrados.			30
Bastidores			30

(1) En dimensiones iguales á las consignadas, los precios aumentan 5 pesetas en 100 kilogramos para la calidad primera y 10 pesetas para los de calidad superior.

Precios corrientes por 100 kilogs. de hierros y aceros laminados y forjados (1).

CLASES	Dimensiones en $^m/_m$.	Precio.
Hierros de ⊔	»	24 ptas.
Vigas de I	De 80 á 140 altura.	22 —
	De 160 á 240 íd.	20 —
	De 260 á 320 íd.	25 —
Vigas armadas	»	Convencional.
Parrillas para calderas y locomotoras	»	22 ptas.
Lingotes de acero Bessemer	»	14 —
Techos de íd. íd.	»	16 —
Palanquilla de íd. íd.	»	18 —
Llantones para la fabricación de chapa y hoja de lata	»	18 —
Hierro en bruto en palanquilla y llantas — Segunda	»	18 —
Hierro en bruto en palanquilla y llantas — Primera	»	20 —
Hierro en bruto en palanquilla y llantas — Tercera	»	25 —
Acero pudelado en cuadrados y tableados	»	42 —
Acero especial en íd. íd	»	25 —

Chapas y planos anchos de acero y hierro homogéneos (1).

	Grueso.	Ancho.	Largo.	Precio.
	Milímetros.	*Metros.*	*Metros.*	*Pesetas.*
Chapas gruesas (2)	De 8 y más	Hasta 1,10	3.60	23
		1,31 á 1.40	3,40	24
		1,41 á 1.50	3,20	25
		1,51 á 1,60	3,00	26
Chapas medianas (5)	De 6 á 7	1,30	4,00	23
	De 4 á 5	1,20	3,50	25
	De 3	1,10	3,00	25

Recargos por calidad y forma (1).

Chapas..	De calidad superior en 100 kilogramos	6,00 pesetas.
	De forma circular íd. íd.	4,00 —
	De otras formas irregulares íd. íd.	3,00 —
	De 160 á 299 milímetros de ancho × 2 y más de grueso hasta 10 metros largo	21,00 —
	De 300 á 449 íd. íd. × 3 íd. íd. 9 íd.	21,50 —
	De 450 á 600 íd íd. × 5 íd. íd. 8 íd.	22,00 —

(1) Los precios consignados se refieren puestos los hierros á bordo ó sobre vagón en la estación de Bilbao ó Portu (línea del ferrocarril de Bilbao á Portugalete). El transporte á Madrid importa 329,85 pesetas por vagón de 10.000 kilos.

(2) Por cada 50 kilogramos ó fracción de 50 que exceda de 300 el peso de cada chapa se aumentarán los precios en una peseta por 100 kilogramos. Las chapas que pasen de 450 kilogramos de peso ó de 1,60 metros de ancho serán á precios convencionales.

(3) Por cada 0,10 metros ó fracción de 0,10 de aumento en los anchos señalados se recargarán los precios en una peseta por 100 kilogramos.

HIERRO FUNDIDO

	DIMENSIONES										
	0,85	0,60	0,45	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,12	0,10	0,08
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Pesetas	*Pesetas*	*Pesetas*	*Pesetas*	*Pesetas*	*Pesetas*	*Pesetas*	*Pesetas*	*Pesetas*	*Pesetas*	*Pesetas*
Tubos rectos.											
Metro lineal.	181,88	110,63	73,80	51,38	41,25	34,75	23,25	16,13	12,75	10,88	8,63
Manguitos cerrados para tubos.											
Metro lineal.	195	135,38	89,25	60,75	51	37,50	30	22,25	18	14,25	12,38
Manguitos abiertos para tubos.											
Metro lineal.	168,75	123,38	78	51	42	30,75	22,50	16,88	12,75	9,75	7,50
Tubos curvos.											
Metro lineal.	289,35	176,40	117	82,35	70,65	52,65	41,85	29,70	21,60	18,45	14,40

Las columnas, objetos de adorno y piezas especiales, á 0,50 peseta el kilogramo.
La tubería recta y manguitos se han calculado á razon de 375 pesetas la tonelada.
El precio de la tubería curva y piezas irregulares es el de 45 céntimos de peseta por kilogramo.

Galvanización.—Para impedir que el hierro se oxide en el aire se le protege con pintura de minio de plomo, alquitrán ó albayalde. Se obtienen también excelentes resultados estañando ó galvanizando el hierro con zinc.

Para la galvanización primeramente se limpia el hierro, sumergiéndole en un ácido para disolver el óxido, y después de seco se sumerge en una disolución de zinc.

Fundición.—La fundición ó hierro crudo, producto bruto de la reducción de las menas de hierro, combinación de 2 á 6 de carbono por 98 á 94 de hierro, se moldea bien, pero no se forja y resiste menos que el hierro á la extensión. La fusión tiene lugar entre los 1.100 y 1.200 grados.

La fundición gris, cuya densidad es 6,92, se emplea en la construcción de viguetas para pisos, soportes verticales ó columnas, bien lisas ó con adornos, etc., aunque hoy se prefieren para la construcción de soportes los hierros laminados.

El precio de la fundición varía entre 20 y 25 pesetas los 100 kilogramos.

Aceros.—Los aceros son combinaciones de 1 á 1,5 de carbono por 99 á 98,5 de hierro; resisten el temple, siendo maleables en caliente y en frío si no han sido templados.

El acero es de textura más fina que el hierro y su fractura es gris, siendo más elástico y resistente que el hierro, pero más quebradizo, soldándose y forjándose más difícilmente que aquél.

La densidad es de 7,80, y su punto de fusión está entre 1.400 y 1.500 grados.

El acero, ya sea natural, cementado, pudelado ó fundido, es susceptible de un buen pulimento.

El *temple* le endurece, haciendo su grano más fino y disminuyendo su densidad. El *recocido* le devuelve sus propiedades primitivas.

En la construcción se le empieza á emplear con preferencia al hierro para pisos, pues para una misma sección tiene una resistencia más que doble, y por lo tanto produce una sensible economía y mayor esbeltez en las construcciones.

El *precio del acero en barras* ordinarias varía entre 36 y 59 pesetas los 100 kilogramos, según la dureza y calidad.

En el comercio se vende de 26 á 46 pesetas los 100 kilogramos.

Cobre (densidad 8,85 á 8,95).—El empleo principal del cobre es en calderería y cerrajería. Su color es rojo amarillento y brillante. Es muy dúctil; se puede martillar y laminar en frío, y cuanto más duro es más maleable, siendo menos duro y denso que el hierro.

El cobre se funde á 1.050 grados, dando una masa porosa y poco compacta; de aquí los inconvenientes del empleo de dicho metal bajo la forma de fundición. El cobre se moldea mal y no se suelda en caliente.

En el Norte de Europa se emplea la chapa de cobre para cubiertas, canalones y tubos de bajada de aguas, á causa de su larga duración y de la facilidad con que se trabaja. Los canalones de cobre tienen 3/4 de milímetro de espesor.

Expuesto al aire se oscurece y se recubre de una capa verdosa de óxido de cobre, cuya capa protege el resto del metal contra toda otra acción química; el cobre no se altera por la acción del agua, pero expuesto á alternativas de sequedad y humedad se recubre su superficie de una capa verde de carbonato de cobre (cardenillo).

El cobre batido tiene de densidad 8,87, y su precio varía de 102 á 110 pesetas los 100 kilogramos en barras, 167,50 las planchas de cobre rojo y 145 las de cobre amarillo.

El material viejo se vende de 62 á 98 pesetas los 100 kilogramos.

Latón.—Se da este nombre á una aleación compuesta de 63 á 75 partes de cobre por 25 á 37 de zinc; presenta una coloración amarilla clara; se moldea y pulimenta con facilidad, siendo su densidad 7,98, y se emplea en piezas de ornamentación, tubos de calderas y llaves de paso.

Bronce.—Se da este nombre á una aleación formada con 80 á 90 partes de cobre y 10 á 20 de estaño; es de color amarillo rojo, y más duro, más sonoro y menos maleable que el cobre. Se moldea bien, empleándose también para la construcción de llaves de paso, y los bronces duros para cojinetes, campanas, etc. Entra en fusión á 900 grados y su densidad es de 8,69.

Zinc ([1]).—El zinc es un metal blanco azulado, brillante y quebradizo, que puede ser laminado para hacer hojas; se oxida muy pronto en contacto del yeso, empleándose generalmente en cubiertas, canalones, envases de pintura, adornos exteriores y para galvanizar el hierro. Por la acción de la humedad se recubre de una capa de óxido de zinc que le preserva. Su densidad varía entre 6,86 y 7,21. Calentado á 100° se hace muy maleable, y si llega á 450° se funde.

La acción atmosférica le oscurece, y bajo el agua se ennegrece rápidamente, combinándose con el oxígeno que contiene. La mayoría de los ácidos le atacan y disuelven, no debiendo emplearse en cubiertas expuestas á vapores húmedos, los que harían reaccionar sobre él el tanino de la madera.

Mezclado con el cobre forma la llamada *soldadura de calderero*.

El precio del zinc varía de 42 á 47 pesetas los 100 kilogramos en lingotes, y es de 64 pesetas laminado y ondulado.

([1]) Véase el tomo XI, *Cubiertas*.

Estaño.—El estaño es un metal dúctil, de color gris blanco, poco oxidable, y se emplea para fabricar la hoja de lata, soldar el zinc y el plomo. El palastro estañado se utiliza para canalones. Densidad, 7,29. Fusión, 230°. El precio del estaño es de 162 á 170 pesetas los 100 kilogramos en lingote y de 350 pesetas en hoja.

Plomo.—El plomo es un metal blanco plateado ó azul agrisado muy brillante; es blando, dúctil y resistente, y se oxida muy poco en el aire. Laminado sirve para cubiertas, y en albañilería para sujetar el hierro á la sillería, empleándose también para tuberías de agua y gas. Se funde á 325° y su densidad es de 11,35.

Con el estaño forma la soldadura de plomeros y hojalateros.

El plomo cuesta de 25 á 28 pesetas los 100 kilogramos en lingote y 42 pesetas en planchas ó tubos ordinarios.

RESISTENCIA DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Resistencia.—El estudio, aun ligero, de la resistencia de materiales es complicado y muy extenso para poderlo hacer aquí. Nos limitaremos á recomendar para el estudio de la teoría obras más extensas ([1]), y á no transcribir aquí más que resultados de experiencias hechas con distintos materiales.

De una manera general, el constructor tiene sobre todo que preocuparse en los casos ordinarios de la resistencia de las piedras ú otros materiales por unidad de superficie, y del peso que ha de soportar esta unidad de superficie cuando la construcción esté terminada.

En la práctica para las hiladas inferiores se emplean los materiales más resistentes y duros, y á medida que se eleva la obra se pueden emplear de menor resistencia, llegándose á poder emplear en la coronación de la obra piedras blandas, puesto que no tienen que soportar peso alguno.

Los materiales resisten mejor cuando se emplean en forma de monolitos para constituir una parte de la obra que cuando dicha obra está formada de varias piezas que su conjunto tenga la

([1]) Para las fórmulas de resistencia y detalles más completos, consúltese el *Memento de l'Architecte* de L.-A Barré, así como las *Notes et formules de l'Ingénieur* de Cl. de Laharpe, revisadas por L -A. Barré y Ch. Vigreux, y las de los ingenieros españoles D. J. Rebolledo y D. Manuel Pardo.

misma dimensión total que aquél; así, por ejemplo, una caliza muy dura, cuya carga al aplastamiento sea por centímetro cuadrado 8,851 kilogramos, se puede someter á dicha presión cuando la parte de la obra que haya de soportarla sea un monolito; pero si estuviera formada por dos piezas, puestas una sobre otra, esa resistencia se reduce á 5,411 kilogramos por centímetro cuadrado, y si estuviera constituída por tres piezas, se convertiría entonces dicha resistencia en 4,780 kilogramos por centímetro cuadrado. Como se ve, la resistencia puede reducirse hasta la mitad de la primitiva.

La resistencia de las piedras á la rotura por compresión en materiales de la misma naturaleza es proporcional á su densidad y á la superficie transversal, aumentando cuando su sección se aproxima al círculo.

En las construcciones ligeras y de carácter provisional se adopta para carga de seguridad 1/6 de la carga de rotura.

En las construcciones permanentes para la fábrica de sillería se toma 1/10 y para la de materiales pequeños 1/15 próximamente.

Las cargas generalmente admitidas en las construcciones ordinarias son las siguientes por centímetro cuadrado:

	Kilogramos.
Piedra labrada de caliza dura	10 á 15
Idem íd. íd. blanda	5 á 8
Mampostería de arenisca dura	12 á 15
Idem de mampuestos de caliza	6 á 10
Ladrillos ordinarios	5 á 14
Idem huecos	3 á 5
Hormigón	10 á 12
Mortero de cal ordinario	3 á 5
Idem íd. hidráulico	8 á 10
Idem íd. de cemento	12 á 15
Yeso	2 á 5
Vidrio	20 á 25

Escala de dureza de las piedras.—Esta escala es la siguiente:

Talco	1	Feldespato	6
Yeso	2	Cuarzo	7
Caliza	3	Topacio	8
Espato flúor	4	Zafiro	9
Fosforita	5	Diamante	10

Los experimentos para deducir la resistencia de las piedras á la compresión se efectúan por medio de la prensa hidráulica en cubos de 1 decímetro de arista.

PESO, RESISTENCIA Y CARGAS DE ROTURA Á LA COMPRESIÓN DE PIEDRAS Y LADRILLOS EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS, TABIQUES, PILARES, COLUMNAS, ETC. (1)

MATERIALES (La relación de la longitud á la menor dimensión es mayor de 1.)	Peso del metro cúbico.	Peso que pueden soportar con seguridad por centímetro cuadrado.	RESISTENCIA Carga de rotura ó de aplastamiento por centímetro cuadrado.
PIEDRAS VOLCÁNICAS, GRANÍTICAS, SILÍCEAS Y ARCILLOSAS	*Kilogs.*	*Kilogs.*	*Kilogs.*
Basalto de Suecia y de Auvernia	2.950	200	2.000
Lava dura del Vesubio,	1.700 á 2.800	59	590
Idem débil de Nápoles	1.970	15	160
Idem de Volvic	2.200	35	350
Pórfido	2.870	247	2.470
Idem verde de Ternuay	2.845	136	1.360
Idem rojo de Planoise	2.580	108	1.080
Gneis	2.360 á 2.710	90	900
Jaspe rojo de Saint-Gervais	2.720	184	1 840
Granito pórfido de Saint-Martin	2.694	107	1.077
Idem gris de Vire	2.720	100	1.000
Idem verde de Kersantan	2.810	110	1.100
Idem blanco de Lormes (Nièvre)	2 630	67	670
Idem gris de Bretaña	2 740	65	650

(1) Esta tabla contiene diversos datos, resultado de experiencias de M. Michelot; del *Curso de construcción* de E. Brune, etc., y algunos otros del *Manual del Ingeniero*, de D. Nicolás Valdés.

MATERIALES (La relación de la longitud á la menor dimensión es mayor de 1.)	Peso del metro cúbico.	Peso que pueden soportar con segnridad por centímetro cuadrado.	RESISTENCIA Carga de rotura ó de aplastamiento por centímetro cuadrado.
	Kilogs.	*Kilogs.*	*Kilogs.*
Granito de Hong-Kong.	2.600	80	800
Idem del Guadarrama.	2.500	35	350
Piedra de San Miguel (*Manila*). . . .	2.400	26	260
Idem de Guadalupe (*Manila*), *volcánica.*	1 450	26	26
Idem de Meycanayan (*Manila*), *volcánica.*	1 580	43	43
Arenisca muy dura.	2.500	87	870
Idem blanda.	2 490	04	4
Idem de la Isla (*Cádiz*).	2.480	65	650
Idem de Santa Catalina (*Cádiz*). . . .	2 460	63	630
Idem de Fontainebleau.	2.570	89	895
Piedra arcillosa	2 660	68	68
Ladrillo duro muy cocido	1 560	15	150
Idem rojo	2 170	6	60
Idem vitrificado (para cañerías). . . .	10	10	100
Fábrica de ladrillo con mortero ordinario	1 300 á 1.800	8	80
Idem íd. con cemento.	1.700 á 1.800	14	140
PIEDRAS CALIZAS			
De Carrara (Italia).	3 020	4,27	427
Mármol negro de Flandes.	2 720	79	790
Idem violáceo (*Granada*).	2.972	40	400
Idem estatuario	2.690	31	310
Idem Rojo de Rentería (*Guipúzcoa*). .	3.016	40	400
Piedra negra de San Fortunato (dura .	2.650	63	630
Idem tierna de Conflans (la mejor, . .	1.820	56	560
Caliza azul de Metz.	2.400	18	180
Idem de Ponce (*Puerto Rico*).	2.100	17	170
Idem de Bagneux (cerca de París muy dura de grano).	2.210 á 2.450	26 á 45	260 á 450
Idem de Vendresse (Aisne).	2.340	80	794
Idem de Senlis.	2.272	35	352
Idem dura de Euville (Meuse).	3.186 á 2 335	21 á 46	210 á 468
Idem medio dura de Savonnière (Meuse).	1.650	9	93
Idem de Courville.	2.160	38	382
Idem de San Maximino (Oise)	2 237	28	280
Idem de Nanterre.	2.051	15	157
Idem marmórea azulada de Zafra (*Badajoz*).	2 769	47	479
Idem oscura de Baides (*Guadalajara*).	2 591	33	329

MATERIALES (La relación de la longitud á la menor dimensión es mayor de 1.)	Peso del metro cúbico.	Peso que pueden soportar con seguridad por centímetro cuadrado.	RESISTENCIA Carga de rotura ó de aplastamiento por centímetro cuadrado.
	Kilogs.	*Kilogs.*	*Kilogs.*
Caliza blanca de Colmenar (Madrid).	2 599	32	319
Idem blanca de Petrel (Alicante)..	2.300	28	280
Idem morena de Tafalla (Navarra).	2 588	26	262
Idem blenca de Monóvar (Alicante).	2.204	24	242
Idem amarillenta de Novelda (Alicante)...............	2.300	13	135
Idem morena de Lamorqui (Alicante)	2.281	13	134
Idem blanca de Tudela (Navarra).	2.030	12	123
Idem morena de Roda de Vará (Tarragona)...............	2.009	11	117
Idem blanca de Arcos (Cuenca)....	1.813	11	117
Idem blanca de Sax (Alicante)....	2 093	10	101
Idem blanca de Fonz (Huesca)....	2.280	7	78
Idem blanca de Segovia........	1.896	6	64
Idem amarillenta de Uclés (Cuenca).	1.847	5	57
Idem blanca de Luna (Aragón)....	1 907	55	55
YESOS, MORTEROS Y CEMENTOS			
Yeso amasado con agua (1).......	1.400 á 1.600	5	»
Idem íd. con lechada de cal......	»	73	»
Mortero ordinario............	1.600	3,50	»
Idem hidráulico de polvo de teja...	»	5,80	»
Idem con puzolana de Nápoles ó Roma.	»	37	»
Hormigón con buen mortero á los diez y ocho meses de su empleo.....	2.300 á 2.400	4 á 5	40 á 50
Idem de cemento............	2.300 á 2.400	5 á 14	50 á 140
Idem aglomerado (Coignet).......	2.200	18 á 50	180 á 500
Mortero de cal hidráulica	1.800	7 á 14	70 á 140
Cemento de fraguado rápido......	2.110	8 á 15	80 á 150
Idem de fraguado lento	2.300	20 á 35	200 á 350

Las cargas de seguridad inscritas en el cuadro que antecede se refieren á construcciones ejecutadas con piedras de grandes dimensiones. Para mamposterías ordinarias no debe cargarse más que la mitad próximamente.

(1) El yeso cernido, tosco, amasado, espeso, que después de treinta horas pesa 1.577 kilogramos el metro cúbico, no pesa más que 1.400 kilogramos á los dos meses y contiene 160 kilogramos de agua de cristalización.

Resistencia de las maderas á la flexión (según Oslet).

(En esta tabla se ha tomado R = 600.000.)

Altura de la pieza.	Momento de inercia de la sección transversal I.	Valor de $\frac{I}{v}$	CARGA TOTAL DE SEGURIDAD, UNIFORMEMENTE REPARTIDA, CON QUE SE PUEDEN CARGAR LAS MADERAS DE ENCINA Ó PINO EN PIEZAS DE 0,01 DE ESPESOR PARA LUCES DE							
			1 m.	2 m.	3 m.	4 m.	5 m.	6 m.	7 m.	8 m.
m.			*Kilogs.*	*Kilogs.*	*Kilogs.*	*Kilogs.*	*Kilogs.*	*Kilogs.*	*Kilogs.*	*Kilogs.*
0,06	0,000.000.180	0,000 006	28	14	8	5	3	2	»	»
0,08	0,000.000.427	0,000.010	47	22	14	9	6	3	1	»
0,10	0,000.000.833	0,000.016	76	37	23	16	10	7	4	2
0,12	0,000.001.440	0,000.024	114	56	34	24	19	12	8	5
0,14	0,000 002 287	0,000.023	153	74	47	32	24	17	12	8
0,16	0,000.003.413	0,000.033	204	99	64	45	33	25	19	12
0,18	0,000.004.860	0,000 054	257	125	81	58	43	32	24	19
0,20	0,000 006.667	0,000 067	319	156	101	72	54	41	32	24
0,22	0,000.008.873	0,000.080	382	188	121	87	66	51	40	30
0,24	0,000.011 520	0,000.096	458	225	146	105	80	62	49	38
0,26	0.000.014.647	0,000.113	539	266	173	115	95	74	61	46
0,28	0,000.018.293	0,000.130	621	306	200	145	111	87	70	56
0,30	0,000.022.500	0,000.150	717	354	231	168	129	102	82	66
0,32	0,000 027.307	0,000.170	813	402	262	191	147	117	94	76
0,34	0,000.032.753	0,000.193	923	456	298	218	168	134	108	89
0,36	0,000.038.880	0,000.216	1.032	511	334	245	189	150	123	100
0,38	0,000.045.727	0,000.240	1.150	570	370	270	210	170	140	110
0,40	0,000.053.333	0,000 266	1.250	600	400	300	230	180	150	125
0,45	0,000.075.940	0,000.337	1.610	800	520	385	300	240	200	165

Resistencia práctica de las columnas macizas de hierro.—El cuadro siguiente da las cargas á que pueden someterse las columnas de hierro cuyos diámetros varían de 0,045 á 0,170 y las alturas de 1 á 7 metros:

Diámetro en milímetros.	CARGAS DE SEGURIDAD Á QUE PUEDEN SOMETERSE LAS COLUMNAS MACIZAS DE FUNDICIÓN CUYA ALTURA SEA						
	1 m. — *Kilogs.*	2 m. — *Kilogs.*	3 m. — *Kilogs.*	4 m. — *Kilogs.*	5 m. — *Kilogs.*	6 m. — *Kilogs.*	7 m. — *Kilogs.*
45	6.183	4.600	3.000	»	»	»	»
50	7.852	5.847	4.093	»	»	»	»
60	»	9.398	7.058	»	»	»	»
65	»	11.497	8.864	7.000	»	»	»
70	»	13.742	10.905	8.470	6.560	»	»
75	»	»	13.156	10.410	8.201	»	»
80	»	»	15.636	12.518	10.020	8.060	»
95	»	»	24.202	20.335	16.875	13.976	»
100	»	»	27.493	23.391	19.607	16.377	»
115	»	»	42.333	35.813	29.080	24.983	»
120	»	»	41.323	37.518	32.711	26.000	»
125	»	»	46.683	41.697	36.551	30.568	27.531
130	»	»	51.050	45.768	40.572	35.462	30.000
140	»	»	60.534	51.975	49.201	43.623	38.000
150	»	»	70.745	64.940	58.740	52.600	46.820
160	»	»	81.353	75.263	68.991	62.275	56.050
170	»	»	92.915	86.822	79.842	72.883	65.000

Resistencia de las columnas de fundición.

Diámetro de la columna en centímetros.	Peso por metro lineal. . . .	CARGAS DE SEGURIDAD Á QUE PUEDEN SOMETERSE LAS COLUMNAS MACIZAS DE FUNDICIÓN DE LAS ALTURAS SIGUIENTES												
		2 m.	2m,50	3 m.	3m,50	4 m.	4m,50	5 m.	5m,50	6 m.	6m,50	7 m.	7m,50	8 m.
Metros.	*Kilog.*													
0,08	56	19.000	13.000	11.000	8.000	7 000	»	4.500	»	3.000	»	2.100	»	1.900
0,09	46	25.000	19.000	15.000	12.000	10.000	9.000	»	»	»	»	»	»	»
0,10	56	37.000	27.500	23.000	17.000	15.000	12.000	11.000	»	7.650	»	5.700	»	4.500
0,11	69	46.000	36.500	30.000	24.500	21.000	17.000	»	»	»	»	»	»	»
0,12	82	63.000	49.000	42.000	33.000	30.000	23.000	20.000	»	14.000	»	11.000	»	9.000
0,13	96	73.000	61.000	51.000	42.000	35.500	31.000	26.000	»	»	»	»	»	»
0,14	111	92.000	77.000	69.000	54.500	50.000	39.500	36.000	29.000	27.000	»	20.000	»	16.000
0,15	127	110.000	94.000	80.000	67.500	57.000	50.000	42.000	37.000	»	»	»	»	»
0,16	145	134.000	111.000	96.000	82.500	78.000	62.500	60.000	»	47.000	»	52.000	»	25.000
0,17	164	149.000	130.000	113.000	98.000	86.000	75.000	65.000	57.000	50.000	»	»	»	»
0,18	185	180.000	151.000	135.000	115.000	107.000	90.000	82.000	69.000	65.000	54.000	50.000	»	40.000
0,19	205	193.000	173.000	154.000	136.000	120.000	106.000	93.000	82.000	73.500	66.000	»	»	»
0,20	226	234.000	199.000	173.000	158.000	149.000	125.000	120.000	99.000	93.000	78.000	75.000	«	60.000
0,21	250	246.000	223.500	202.000	180.000	162.000	144.000	129.000	116.000	103.000	92.000	82.000	»	»
0,22	275	310,000	252.000	233.000	205.000	191.000	166.000	159.000	135.000	130.000	»	108.000	»	86.000
0,23	300	»	»	256.500	230.000	210.000	190.000	171.000	155.000	159.000	125.000	112.000	102.000	97.000
0,24	326	380.000	»	290.000	262.000	245.000	214.000	205.000	175.000	172.000	144.000	148.000	118.000	122.000
0,25	354	»	»	»	»	264.000	242.000	220.000	200.000	180.000	165.000	150.000	135.000	126.000

ÍNDICE

PAGINAS

Tetuán de Chamartín.—Imp. de Bailly-Baillière é hijos.